

Apparatus for removing gaseous substances from a gas stream

Publication number: DE4342485

Publication date: 1995-03-30

Inventor: KRAMER VALENTIN (DE)

Applicant: GORE W L & ASS GMBH (DE)

Classification:

- international: B01D19/00; B01D36/00; B01D53/22; B01D53/84;
B01D63/00; B01D63/08; B01D19/00; B01D36/00;
B01D53/22; B01D53/84; B01D63/00; B01D63/08;
(IPC1-7): B01D53/00; B01D53/22; B01D63/00;
C02F1/44

- European: B01D36/00D; B01D53/22D2; B01D53/84; B01D63/08D

Application number: DE19934342485 19931213

Priority number(s): DE19934342485 19931213

Also published as:

EP0658372 (A2)

JP7194933 (A)

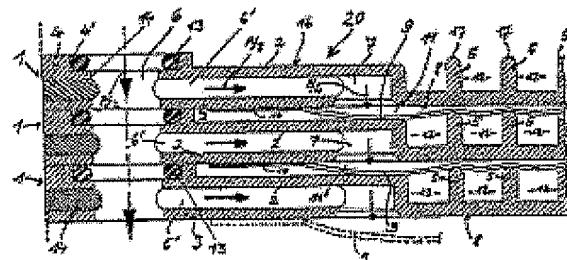
EP0658372 (A3)

[Report a data error here](#)

Abstract of DE4342485

In a novel apparatus for removing gaseous substances from a gas stream (liquid stream), a membrane module is provided which contains essentially flat membrane pockets made of a liquid-tight material which are arranged parallel to each other and parallel to the direction of flow of the gas stream or are adapted to receive a suspension of microorganisms or the like and can be charged via a feed and emptied via an outlet. For each membrane pocket (11) of the membrane module (20) there is provided a plate-shaped support part (1), on the one surface (8) of which there is arranged, so as to abut, a respective membrane pocket (11) which is joined at the edge to this surface (8) so as to seal. On the opposite surface (16) of the support part (1) there is constructed a row of flowthrough ducts (12) for a gas stream, whose delimiting walls are formed by parallel ribs (5) which are moulded in a central region (B) of the support part (1), inlet and outlet boreholes (6) for the membrane pockets being moulded in each case in the two side regions (A, B) of the support part (1) delimiting the region (B) of the ribs (5). The support parts (1) are stacked one above the other in the membrane module (20) in such a manner that each membrane (9) of the membrane pockets (11) is supported on the respective neighbouring support part (1) on the free edges of the ribs (5) and in this case the open sides of all of the...

Original abstract incomplete.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(9) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(10) **Patentschrift**
DE 43 42 485 C1

(51) Int. Cl. 6:
B 01 D 53/00
B 01 D 53/22
B 01 D 63/00
C 02 F 1/44

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:

W.L. Gore & Associates GmbH, 85640 Putzbrunn, DE

(74) Vertreter:

Klunker, H., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat.; Schmitt-Nilson, G.,
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Hirsch, P., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 80797 München

(72) Erfinder:

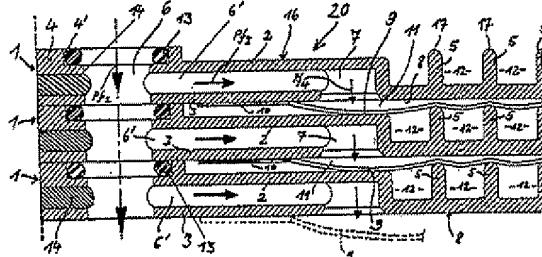
Kramer, Valentin, 83620 Feldkirchen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 40 27 126 C1
DE 31 25 222 C2
DE 28 25 788 C2
DE 39 18 430 A1

(64) Vorrichtung zur Entfernung von gasförmigen Stoffen aus einem Gasstrom

(65) Bei einer neuen Vorrichtung zur Entfernung von gasförmigen Stoffen aus einem Gasstrom (Flüssigkeitsstrom) ist ein Membranmodul vorgesehen, welches im wesentlichen flächige Membrantaschen aus einem flüssigkeitsdichten Material aufweist, die parallel zueinander und parallel zur Strömungsrichtung des Gasstromes angeordnet oder zur Aufnahme einer Suspension von Mikroorganismen oder dergleichen eingerichtet sowie über einen Zulauf beschickbar und über einen Ablauf entleerbar sind. Für eine jede Membrantasche (11) des Membranmoduls (20) ist ein plattenförmiges Trägerteil (1) vorgesehen, an dessen eine Oberfläche (8) angrenzend jeweils eine Membrantasche (11) angeordnet und mit dieser Oberfläche (8) randseitig abdichtend verbunden ist. Auf einer gegenüberliegenden Oberfläche (16) des Trägerteils (1) ist eine Reihe von Durchströmungskanälen (12) für Gasstrom ausgebildet, deren Begrenzungswände durch parallele Rippen (5) gebildet sind, die in einem mittleren Bereich (B) des Trägerteils (1) ausgeformt sind, wobei in den an den Bereich (B) der Rippen (5) abgrenzenden beiden Seitenbereichen (A, B) des Trägerteils (1) jeweils Zulauf- und Ablaufbohrungen (6) für die Membrantaschen ausgeformt sind. Die Trägerteile (1) sind in dem Membranmodul (20) in der Weise übereinandergestapelt, daß sich jeweils eine Membran (9) der Membrantaschen (11) auf den freien Kanten der Rippen (5) an einem jeweils benachbarten Trägerteil (1) abstützt und hierbei die offenen Seiten sämtlicher ...



DE 43 42 485 C1

DE 43 42 485 C1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Entfernung von gasförmigen Stoffen aus einem Gasstrom, mit den weiteren Merkmalen, wie diese im Oberbegriff des Patentanspruches 1 definiert sind.

Aus DE 40 27 126 C1 ist bereits eine Vorrichtung zur Entfernung von gasförmigen Stoffen aus einem gasförmigen Medium durch Mikroorganismen bekannt, wobei die dortigen Membranmodule im wesentlichen aus einem kastenförmigen Gehäuse bestehen, in welchem eine Vielzahl von flächigen, Membrantaschen aus einem gasdurchlässigen flüssigkeitsdichten Material angeordnet ist, wobei die Außenmaße dieser Membrantaschen den Innenmaßen des Gehäuses entsprechen. Zwischen den aufeinanderfolgend angeordneten Membrantaschen, sind entlang der seitlichen Kanten stabförmige Abstandselemente vorgesehen, die einen bestimmten Abstand zwischen den Membrantaschen definieren. Das Membranmaterial kann zusätzlich Erhöhungen oder Verstärkungen aufweisen, so daß ein bestimmter Abstand zwischen zwei Membrantaschen über die gesamte Fläche sichergestellt ist. Jede der einzelnen Membrantaschen ist mit einer Zuleitung und einer Ableitung versehen, die in eine gemeinsame Versorgungs- bzw. Entsorgungsleitung münden. Das verwendete Membranmaterial ist gasdurchlässig und flüssigkeitsdicht, vorzugsweise wird eine Polyurethanfolie eingesetzt.

Werden solche bekannten Membranmodule beispielsweise zur Abgasreinigung verwendet, dann sind ganz erhebliche Membranflächen erforderlich. Um ein solches Verfahren wirtschaftlich einsetzen zu können, muß der Herstellungsaufwand minimiert werden. Das Anschließen der für jede Tasche separaten Zu- und Ableitungen an eine gemeinsame Versorgungs- und Entsorgungsleitung ist zeitaufwendig, kompliziert und störungsanfällig. Als weiteren Nachteil muß die Tatsache angesehen werden, daß sich die Membrantaschen unter dem Gewicht der in den Taschen befindlichen Flüssigkeit einseitig auswölben und dadurch den freien Strömungsquerschnitt für den Gasdurchtritt verringern. Eine exakte Berechnung des Strömungswiderstands ist unter diesen Umständen nur schwer möglich, da er sich zeitabhängig ändert.

Sind die Seitenflächen der Membrantaschen mit Erhöhungen versehen, dann verteutert sich die Herstellung der Membrane und der Wirkungsgrad des Stoffaustauschs durch die Membrane hindurch wird herabgesetzt.

Da die Membrantaschen lediglich seitlich gehalten sind, kann es vorkommen, daß die flexible Vorderkante unter dem Staudruck des Gasstroms hochklappt und benachbarte, für den Gasdurchtritt vorgesehene Zwischenräume verschließt.

Aus der DE 39 18 430 A1 ist eine Einrichtung zur molekularen Trennung von Gemischen nach dem Prinzip der Sorption und Permeation bekannt, wobei von einer Schichtkombination aus Aktivkohle und aktiver Membranschicht mit oder ohne Stützkonstruktion Gebrauch gemacht wird. Insbesondere ist hierbei die aktive Membranschicht auf eine selbsttragende Wand aus Aktivkohle aufgebracht. Dabei lagert sich in der Grenzschicht das zunächst flüssige aktive Membranmaterial in den Poren der Aktivkohle an, wodurch im anschließenden Fällvorgang das aktive Membranmaterial fest wird und eine gute Verankerung aufweist. Die selbsttragende Wand aus Aktivkohle übernimmt neben der Funktion Absorption auch die Funktion des Trägermaterials für

die aktive Membranschicht (Permeation).

Aus der DE 31 25 222 C2 ist ein Stützkörper für ein aus zwei semipermeablen Membranen und zwei zwischen den Membranen eingeschlossenen porösen Platten bestehendes Membranelement zum Trennen von Gas- und Flüssigkeitsgemischen bekannt, wobei die den Membranen zugewandten Außenflächen der Platten eben und an den einander zugewandten Innenseiten der Platten Ableitkanäle vorgesehen sind und wobei die Platten zur Bildung der Ableitkanäle auf ihrer Innenseite gerippt sind und sich die gerippten Seiten direkt berühren. Hierdurch soll eine insgesamt steifere Konstruktion des Stützkörpers erzielt werden.

Aus der DE 28 25 788 C2 ist ein Verfahren zum Entfernen eines gasförmigen Bestandteils aus einer Gasmischnung durch Kontaktieren der Mischung mit einer immobilisierten Flüssigkeitsmembran bekannt, wobei in einzelnen Maßnahmen beschrieben werden, um die Aufrechterhaltung der Trennwirksamkeit einer solchen immobilisierten Flüssigkeitsmembran zu verbessern.

In der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung P 43 03 936.7 (AT: 10.02.93) wird ferner ein Membranmodul beschrieben, welches aus einer Vielzahl von flächigen, parallel zueinander und parallel zur Strömungsrichtung des Gasstroms angeordneten Membrantaschen besteht, von denen eine jede einen flachen, umlaufenden Rahmen aufweist, der auf beiden Seiten dichtend mit dem Membranmaterial bespannt ist und senkrecht zu seiner Rahmenebene wenigstens eine Zulaufbohrung und wenigstens eine Ablaufbohrung aufweist, welche die Membrane durchsetzen und zwischen den Membranen durch eine weitere Bohrung oder eine Nut mit dem Raum verbunden sind, der von den Membranen und dem Rahmen umschlossen ist, wobei darüber hinaus mehrere Membrantaschen derart übereinander gestapelt sind, daß die Zulaufbohrungen und die Ablaufbohrungen jeweils übereinander liegen und durchgehende Kanäle bilden. In einem solchen durch aufeinanderfolgend angeordnete Membrantaschen gebildeten Stapel sind die jeweils zwischen den Membrantaschen seitlich angeordneten Abstandshalter als Dichtungen ausgebildet, die Bohrungen aufweisen, welche hinsichtlich Größe und Anordnung mit den Zulauf- und Ablaufbohrungen in dem Rahmen der Membrantaschen übereinstimmen, ferner sind in den jeweiligen Zwischenräumen zwischen den aufeinanderfolgenden Membrantaschen jeweils Stützstrukturen angeordnet, welche den Abstand zwischen den einzelnen Membrantaschen über die gesamte Fläche einer Tasche definieren und beispielsweise durch eine steife Folie mit Zickzack-Profil oder durch eine offene porige Struktur aus biegesteifen Fasern oder Draht gebildet sind.

Ein derartiges, in der vorgenannten Patentanmeldung beschriebenes Membranmodul erfordert die Fertigung verschiedener Einzelteile, insbesondere Rahmen, Stützstrukturen und Abstandshalter, welche zur Bildung des resultierenden Membranmoduls zusammengefügt und gegenseitig einjustiert werden müssen.

Hierdurch wird insbesondere ein verhältnismäßig hoher Fertigungsaufwand bedingt.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Vorrichtung der eingesangs definierten Art anzugeben, wobei hierfür einfach aufgebautte Membranmodule geschaffen werden sollen, die sich sehr wirtschaftlich fertigen lassen und so konstruiert sind, daß sie auch über länger andauernde Betriebszeiten hinweg bei verbessertem Wirkungsgrad definierte Stoffaustauschverhältnisse bieten.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Als Kerngedanke der vorliegenden Erfindung wird es angesehen, (a) für jede Membrantasche des Membranmoduls ein im wesentlichen plattenartig ausgebildetes, vorgefertigtes Trägerteil vorzusehen, an dessen eine Seite bzw. untere Oberfläche angrenzend jeweils eine Membrantasche mit Flüssigkeitszulauf- und -Ablauöffnungen angeordnet und mit dieser Seite bzw. Oberfläche randseitig abdichtend verbunden ist, während zumindest auf der gegenüberliegenden Seite bzw. oberen Oberfläche des Trägerteils eine Reihe von nebeneinander angeordneten, parallelen Durchströmungskanälen für den Gasstrom ausgebildet ist, deren Begrenzungswände durch auf dieser Seite bzw. oberen Oberfläche des Trägerteils in einem Bereich (B) angeformte, parallele Rippen als Abstandselemente gebildet sind; ferner ist vorgesehen, daß (b) in den beiden seitlichen Bereichen (A und C) des Trägerteils, welche jeweils an den die Rippen enthaltenden Bereich (B) des Trägerteils angrenzen, jeweils die für alle Membrantaschen gemeinsamen Zulauf- und Ablaubohrungen ausgeformt und (c) die Trägerteile in der Weise übereinander gestapelt sind, daß jeweils wenigstens eine Membran der Membrantaschen sich auf den freien Kanten der Rippen an einem benachbart angeordneten Trägerteil abstützt und hierbei die offenen Seiten sämtlicher Durchströmungskanäle abdeckt; schließlich ist noch vorgesehen, daß (d) die in jedem Trägerteil ausgesparten Zulauf- und Ablaubohrungen fluchtend übereinanderliegen und entsprechende Kanäle bilden, die durch den Stapel der Trägerteile vollständig hindurchgehen.

Vorteilhafte weitere Ausgestaltungen dieser erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

So kann mit besonderem Vorteil beispielsweise eine jede Membrantasche einerseits durch eine Membran und andererseits durch eine untere, ebene Oberfläche des Trägerteils begrenzt sein, an welchem diese Membran randseitig befestigt ist.

Vorzugsweise können hierbei die jeweiligen randseitigen Befestigungsabschnitte der Membran an der unteren Oberfläche des Trägerteils einmal vor der Position einer Zulauföffnung und zum anderen hinter der Position einer Ablauöffnung angeordnet sein.

Gemäß einer abgewandelten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung kann auch vorgesehen sein, daß eine jede Membrantasche einerseits durch eine erste Membran und andererseits durch eine zweite Membran begrenzt ist, wobei diese ersten und zweiten Membranen jeweils randseitig an einem unteren, ebenen Oberflächenbereich des Trägerteils befestigt sind.

Insbesondere können bei dieser Ausführungsform die randseitigen Befestigungsabschnitte der ersten Membran im unteren Oberflächenbereich der Wandung des Trägerteils jeweils vor einer Zulauföffnung bzw. hinter einer Ablauöffnung der Membrantasche angeordnet sein, während die randseitigen Befestigungsabschnitte der zweiten Membranen im unteren Oberflächenbereich der Wandung des Trägerteils jeweils hinter der Zulauföffnung bzw. vor der Ablauöffnung der Membrantasche angeordnet sein können.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Abwandlung des erfindungsgemäßen Membranmoduls kann in dem die Rippen aufweisenden Bereich (B) des Trägerteils ein System aus im wesentlichen zueinander parallelen Doppelrippen vorgesehen sein, wobei von einem in diesem

Bereich (B) vorhandenen plattenartigen Mittelteil des Trägerteils ausgehend die ersten und zweiten Rippen in zwei zueinander entgegengesetzten Richtungen, d. h. einerseits in der Richtung nach oben und andererseits in der Richtung nach unten jeweils gleichförmig abstehend ausgebildet sind.

Im Falle der zuletzt erläuterten Ausgestaltung der Erfindung wird jeweils die erste Membran einer Membrantasche durch die Reihe der nach oben abstehenden, ersten Rippen abgestützt und deckt hierbei eine entsprechende Gruppe von ersten Durchströmungskanälen ab, während die jeweils zweite Membran der Membrantasche durch eine entsprechende Reihe der nach unten abstehenden, zweiten Rippen abgestützt wird und hierbei eine entsprechende zweite Gruppe von zweiten Durchströmungskanälen abdeckt.

Wie bereits oben erwähnt, wird zur Bildung eines resultierenden Membranmoduls jeweils eine vorgegebene Anzahl der plattenartig ausgebildeten, vorgefertigten Trägerteile aufeinandergestapelt. Um eine sichere gegenseitige Befestigung der aufeinandergestapelten Trägerteile zu gewährleisten, kann ein jedes Trägerteil auf seiner oberen Wand eine vorgegebene Anzahl von nippennartigen Vorsprüngen und auf seiner unteren Wand eine vorgegebene Anzahl von komplementären Ausnehmungen aufweisen, derart, daß in dem durch die aufeinandergestapelten Trägerteile gebildeten Stapel die nippennartigen Vorsprünge in die entsprechenden Ausnehmungen einsteckbar sind.

In bevorzugter Weise können diese nippennartigen Vorsprünge und die komplementären Ausnehmungen in den jeweiligen randseitigen verstärkten Wandungsabschnitten der Trägerteile vorgesehen sein.

Im Falle der zuletzt erläuterten Ausführungsform ergibt sich eine Art von Baukastensystem, welches mit den erfindungsgemäß ausgebildeten, vorgefertigten Trägerteilen bestückt ist, die sich beim Aufeinanderstapeln mit Hilfe der erläuterten Steckverbindungsmitte (nippennartige Vorsprünge einerseits, komplementäre Ausnehmungen andererseits) praktisch selbsttätig gegenseitig fixieren.

Hierdurch ist eine außerordentlich gute mechanische Stabilität des resultierenden Membranmoduln gewährleistet.

Darüber hinaus können die freien Kanten der Rippen mit Kerben versehen sein, die in der Längsrichtung der Rippen mit regelmäßigen gegenseitigen Abständen voneinander angeordnet sind. Mit Hilfe derartiger Kerben läßt sich erreichen, daß es zu einer Art von Verwirbelung des durch die Strömungskanäle hindurchgeleiteten, zu reinigenden Gasstromes (bzw. Flüssigkeitsstromes) im Bereich der Rippenoberflächen kommt, was andererseits wiederum zu einer Erhöhung der Verweilzeit des Gasstromes im Bereich der Membranoberflächen der Membrantaschen führt, die sich auf den freien Kanten dieser Rippen abstützen. Eine Erhöhung der Verweilzeit des zu reinigenden Gases im Bereich der Membranoberflächen hat wiederum den Vorteil, daß der Wirkungsgrad des Stoffaustausches "gasförmig/flüssig" noch verstärkt werden kann.

Ein entsprechender Verwirbelungseffekt könnte aber auch dadurch erzielt oder noch erhöht werden, daß die für die Bildung der Membrantaschen verwendete Membran mit einem Laminat verbunden wird, welches vorzugsweise aus einem rauen Vlies besteht, so daß die Oberfläche dieses Vlieses unmittelbar auf die freien Kanten der Rippen zur Auflage gelangt.

In jedem Fall sind die Trägerteile für die Membranta-

schen des erfindungsgemäßen Membranmoduls in bevorzugter Weise durch einstückige Kunststoff-Spritzgußteile gebildet, welche sich verhältnismäßig kostengünstig mittels an sich bekannter Spritzgußverfahren fertigen lassen.

Das in vorgegebenen Bereichen des Trägerteils angeformte Rippensystem erfüllt die Funktion sowohl von Abstandselementen als auch von Stützstrukturen, d. h. es sind hierfür keine gesonderten Bauelemente mehr erforderlich.

Die durch die Rippen jeweils seitlich begrenzten Durchströmungskanäle für den Gasstrom sind so ausgebildet, daß ein mindestens 60 bis 70% freier Gasdurchsatz ermöglicht ist, wobei gleichzeitig das Membranmaterial der Membrantaschen durch diese Rippen in außerordentliche gute Weise abgestützt wird. Darüber hinaus ist aufgrund dieser Konstruktionsweise das Membranmaterial der Membrantaschen durch die Rippen außerordentlich gut fixiert, wodurch die resultierende Stabilität und Haltbarkeit der erfindungsgemäßen Membranmodule im Vergleich mit bekannten Ausführungen wesentlich verbessert werden können.

Im übrigen hängt der Wirkungsgrad des Stoffaustausches in derartigen Modulen, neben der Konstruktion der Module, die sich in allererster Linie auf die Strömungsverhältnisse auswirkt, auch von der Eignung der eingesetzten Membran ab. Neben der bereits erwähnten Polyurethanfolie ist es aus der Mikrobiologie bekannt, Zellkulturen in Membrantaschen zu züchten, die luftdurchlässig und flüssigkeitsdicht sind. Als Material für diese Membranen wurde Polyethylen und Polypropylen vorgeschlagen (US-A-3 184 395), Ethylen-Propylen-Copolymer (US-A-3 941 662) oder auch Silikongummi (WO 90/10690). Alle diese Membranen haben die Eigenschaft, daß sie gasdurchlässig sind, d. h. daß sie jedenfalls Sauerstoffmoleküle passieren lassen. Es wurde auch bereits vorgeschlagen, eine mikroporöse, gereckte PTFE-Membran einzusetzen, wie sie unter dem Handelsnamen GORE-TEX (eingetragenes Warenzeichen der W.L. Gore & Associates) auf dem Markt erhältlich sind. Wegen ihrer Eigenschaft, Wasserdampf und Luft durchzulassen, Wasser aber zurückzuhalten, werden derartige Membranen im großen Maßstab bei der Herstellung von Sportkleidung verarbeitet. Die Herstellung derartiger Membranen ist in den US-Patentschriften 3 953 556 und 4 187 390 beschrieben.

Obwohl Membranmodule, die mit einer PTFE-Membran ausgerüstet sind, sich ganz allgemein als Reaktoren für das Stoffaustauschsystem "gastförmig/flüssig" eignen, hat sich gezeigt, daß bei der Abgasreinigung mit Hilfe von Mikroorganismen den Mikroorganismen durch die mikroporöse Membranstruktur zuviel Sauerstoff zugeführt wird. Diese Sauerstoffzufuhr beschleunigt das Wachstum bzw. die Vermehrung der Mikroorganismen in solchem Maße, daß in kurzer Zeit eine Verstopfung der Membrantaschen zu beobachten ist. Der Strömungswiderstand der Membrantaschen wird dann so hoch, daß mit Druckdifferenzen gearbeitet werden müßte, denen die Membrantaschen mechanisch nicht standhalten können. Es bestand daher ein Bedürfnis für eine Membran, die in erster Linie für die Abgasreinigung mit Hilfe von Mikroorganismen eingesetzt werden kann. In der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung P 43 26 677.0 (AT: 09.08.93) ist beschrieben, daß sich eine mikroporöse gereckte PTFE-Membran als geeignet erwiesen hat, die eine flächendeckende, kontinuierliche Beschichtung aus einem hydrophilen Material aufweist. Das hydrophile Material muß eine Wasser-

dampfdurchlässigkeit von wenigstens 1000 g pro Quadratmeter und Tag aufweisen. Solche Eigenschaften hat beispielsweise Polyurethan, das als Beschichtung in einer Menge von 1 bis 15 g pro Quadratmeter auf die 5 PTFE-Folie aufgebracht werden kann. Die hydrophile Schicht kann aber auch ein Polyether-Polyurethan oder eine Membran aus Perfluorsulfinsäure sein. Die Materialkombinationen entsprechen denen, die auch in der Bekleidungsindustrie eingesetzt werden. So ist in der 10 US-A 4 194 041 ein zweischichtiges Laminat aus einer mikroporösen PTFE-Schicht und einer hydrophilen Schicht beschrieben, das im Rahmen dieser Erfindung ebenfalls eingesetzt werden kann. Auf den Offenbarungsgehalt dieser Patentschrift wird ausdrücklich Bezug genommen.

Da der Wirkungsgrad des Stoffaustausches direkt von der Dicke der Membran abhängt, werden häufig Membranen verwendet, die so dünn sind, daß sie schlechte mechanische Eigenschaften haben, beispielsweise leicht einreißbar. Um dies zu verhindern, werden die Membranen vorzugsweise mit einem luftdurchlässigen Trägermaterial verbunden, das vorzugsweise ein Vlies, eine Lochfolie oder ein textiles Material sein kann. Wenn das Schichtmaterial zu einer Membrantasche verarbeitet wird, muß darauf geachtet werden, daß das Trägermaterial nicht auf der Innenseite der Membrantasche, also auf der Flüssigkeitsseite zu liegen kommt, da die Mikroorganismen in die poröse Struktur des Trägermaterials eindringen und dessen Poren verstopfen. Bei Membranen, die mit einem Trägermaterial laminiert sind, muß also dieses Trägermaterial an der Außenseite der Membrantasche angeordnet sein, d. h. der Seite, die mit dem Gasstrom beaufschlagt wird.

Um die Schwierigkeiten der Handhabung einer unsymmetrischen Bahn zu vermeiden, kann auch eine symmetrisch aufgebaute Membran verwendet werden, in diesem Fall wird das Trägermaterial zwischen zwei mikroporösen PTFE-Folien eingeschlossen, die jeweils mit einem hydrophilen Material, vorzugsweise Polyurethan beschichtet sind. Die Vorteile dieses symmetrischen Membranbaues werden bis zu einem gewissen Grad durch ihren geringeren Wirkungsgrad aufgewogen.

Die PTFE-Folie und die hydrophile Beschichtung haben vorzugsweise die gleiche Dicke, die im Bereich von jeweils 0,005 bis 1,5 mm liegt. Vorzugsweise betragen die Dicken 0,02 bis 0,1 mm.

Es hat sich gezeigt, daß die in der beschriebenen Weise beschichtete PTFE-Membran besonders vorteilhaft zur Entfernung von NO_x-Molekülen aus Abgasen eingesetzt werden kann. Es wird vermutet, daß die Membran in diesem Fall als eine Diffusionsmembran wirkt, da durch die Beschichtung der mikroporöse Charakter der PTFE-Membran verlorengeht, d. h. es findet keine Durchströmung der Membran mehr statt. Die hydrophile Beschichtung, die vorzugsweise auf der Seite der flüssigen Reaktionsmischung angeordnet sein sollte, gewährleistet eine gewisse Wasseraufnahme. Durch diese Quellung wird der beabsichtigte Stoffaustausch vermutlich ebenfalls begünstigt.

Die vorliegende Erfindung wird nun im Nachfolgenden im Rahmen von Ausführungsbeispielen näher erläutert, wobei auf die beigefügten, Zeichnungen Bezug genommen wird. Dabei zeigen

Fig. 1 schematisch eine Teilansicht, teilweise im Schnitt, eines Trägerteils für eine Membrantasche,

Fig. 2 eine Teilansicht eines Membranmoduls im Schnitt, welches durch eine Anzahl von aufeinanderge-stapelten Trägerteilen gemäß Fig. 1 gebildet ist,

Fig. 3 eine schematische perspektivische Teilansicht einer Trägerplatte gemäß Fig. 1,

Fig. 4 eine schematische Teil-Schnittansicht durch eine weitere Ausführungsform eines Membranmoduls, welches durch aufeinandergestapelte Trägerteile gemäß einer abgewandelten Ausführungsform gebildet ist,

Fig. 5 eine weitere schematische Teil-Schnittansicht des Membranmoduls gemäß Fig. 4,

Fig. 6 eine weitere schematische, perspektivische Teilansicht einer Trägerplatte gemäß einer weiteren Ausführungsform,

Fig. 7 schematische Teil-Schnittansichten durch jeweilige randseitig verstärkte Wandungsabschnitte von aufeinanderzustapelnden Trägerseiten in der Ausführungsform nach Fig. 6, wobei die Schnittansichten gemäß den Pfeilen A-B nach Fig. 6 dargestellt sind; und

Fig. 8 eine weitere schematische perspektivische Teilansicht einer Trägerplatte gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.

Wie insbesondere aus den Fig. 1 und 3 ersichtlich ist, besteht ein Trägerteil 1 für eine Membrantasche im wesentlichen aus einem (in den Figuren nur teilweise dargestellten) plattenförmigen Element, das eine obere Wand 2 sowie eine untere Wand 3 aufweist, wobei sich diese untere Wand 3 über die Gesamtbreite des Trägerteils 1 erstreckt, während die obere Wand 2 jeweils in seitlichen Bereichen des Trägerteils 1 vorgesehen ist. Ein solcher seitlicher Bereich ist in Fig. 1 mit A bezeichnet, ein entsprechender seitlicher Plattenbereich ist auf der gegenüberliegenden, nicht dargestellten Seite des Trägerteils 1 im Anschluß an den Plattenbereich B vorgesehen (vgl. auch den in Fig. 5 mit C bezeichneten Teilabschnitt des dort dargestellten Trägerteils 1').

Wie sich ferner aus den Fig. 1 und 3 ersehen läßt, weist der obere Wandungsbereich 2 einen verstärkten randseitigen Wandungsabschnitt 4 auf, der sich praktisch über das Niveau der oberen Wandung 2 hinaus erstreckt und etwa die doppelte Wandstärke wie die obere Wandung 2 aufweist. Im Bereich dieses verstärkten Wandungsabschnitts 4 ist eine Ausnehmung 4' vorgesehen, die zur Aufnahme eines O-Ringes 13 dient (vgl. Fig. 2).

Im Bereich des Plattenabschnitts A sind darüber hinaus zwischen der oberen Wand 2 und der unteren Wand 3 verschiedene Ausnehmungen ausgeformt, wobei es sich insbesondere um eine Zulaufbohrung 6, einen inneren Flüssigkeitskanal 6', eine weitere Öffnung 7 sowie um eine randseitige Ausnehmung 19 handelt.

Wie weiter unten anhand der Fig. 2 noch erläutert wird, stehen die Zulaufbohrungen 6, der innere Flüssigkeitskanal 6' und die Öffnung 7 mit dem Innenraum der Membrantasche 11 in Verbindung.

Eine untere Oberfläche der Wand 3 des Trägerteils 1 ist mit 8, eine obere Oberfläche der Wand 2 des Trägerteils 1 ist mit 16 bezeichnet.

In dem an den Plattenabschnitt A sich anschließenden Plattenabschnitt B des Trägerteils 1 befindet sich eine vorgegebene Anzahl von an dem Trägerteil 1 angeformten, parallelen Rippen 5, die sowohl als Abstandselemente dienen als auch die seitlichen Begrenzungswände für entsprechende, parallel nebeneinander verlaufende Durchströmungskanäle 12 bilden. Diese Durchströmungskanäle bilden die Kanäle zur Durchleitung des zu reinigenden Gasstroms (bzw. Flüssigkeitsstroms).

Die Strömungsrichtung dieses Gasstroms ist in Fig. 3 schematisch mit dem Pfeil Pf₁ bezeichnet. In den Fig. 1 und 2 ist diese Strömungsrichtung senkrecht zur Papier-

ebene.

Wie sich insbesondere aus Fig. 2 ersehen läßt, werden zur Bildung eines Membranmoduls 20 mehrere der in den Fig. 1 und 3 dargestellten Trägerseiten aufeinander gestapelt, derart, daß jeweils eine untere Wand 3 unmittelbar auf einen randseitigen Wandungsabschnitt 4 einer oberen Wand 2 der Trägerseiten 1 zu liegen kommt.

In Fig. 2 sind lediglich drei Trägerseiten 1 aufeinander gestapelt, in Wirklichkeit ist aber eine wesentlich größere Anzahl solcher Trägerseiten zur Bildung eines Membranmoduls 20 vorgesehen.

Aus Fig. 2 ist ferner ersichtlich, daß jeweils an eine untere Oberfläche 8 eines Trägerseiten 1 angrenzend eine Membrantasche 11 angeordnet ist, die einerseits durch eine Membran 9 und andererseits im wesentlichen durch diese untere Oberfläche 8 des Trägerseiten 1 begrenzt ist, wobei diese Membran 9 jeweils an ihren Rändern mit der unteren Oberfläche 8 des Trägerseiten 1 befestigt ist, insbesondere mittels Aufkleben oder Anschweißen. Der jeweilige randseitige Befestigungsabschnitt zwischen einer Membran 9 und der unteren Oberfläche 8 eines Trägerseiten 1 ist mit 10 bezeichnet. Hierbei ist insbesondere der jeweilige randseitige Befestigungsabschnitt 10 einer Membran 9 an der unteren Oberfläche 8 des Trägerseiten 1 vor der Position der Zulauföffnung 7 angeordnet, während auf der gegenüberliegenden (nicht gezeigten) Seite des Trägerseiten 1 der jeweilige randseitige Befestigungsabschnitt hinter der dortigen Position einer Ablauföffnung angeordnet ist.

Dies wird im einzelnen noch weiter unten anhand der Fig. 5 erläutert.

Aufgrund dieser Konstruktionsweise stehen die Zulaufbohrung 6, der innere Flüssigkeitskanal 6' und die Zulauföffnung 7 mit dem Innenraum der Membrantasche 11 in Verbindung, in entsprechender Weise steht die Membrantasche 11 auf der sich an den Bereich B anschließenden Seite des Trägerseiten 1 über eine dortige Ablaufbohrung, und einen sich daran anschließenden inneren Flüssigkeitskanal mit der dortigen Ablaufbohrung in Verbindung, wie dies im einzelnen in den Zeichnungen nicht dargestellt ist. Bei dieser Konstruktionsweise wird eine jede Membrantasche 11 über die Zulaufbohrung 6, den inneren Flüssigkeitskanal 6', die Zulauföffnung 7 (vgl. die Strömungsrichtungen gemäß den Pfeilen Pf₂ Pf₃ und Pf₄) mit Flüssigkeit beschickt, während andererseits der Ablauf der durch die Membrantasche 11 hindurchgehenden Flüssigkeit auf der rechten Seite in entsprechender Weise erfolgt.

Wie sich aus Fig. 2 ersehen läßt, sind die Trägerseiten 1 in der Weise übereinander gestapelt, daß jeweils eine Membran 9 der Membrantaschen 11 sich auf den freien Kanten 17 der Rippen 5 an einem benachbarten Trägerteil 1 abstützt und hierbei die offenen Seiten sämtlicher Durchströmungskanäle 12 abdeckt. Aufgrund einer solchen Konstruktionsweise wird erreicht, daß das Membranmaterial, d. h. also die Membran 9 einer Membrantasche 11, durch die oberen freien Kanten 17 der Rippen 5 stark fixiert wird, wobei beispielsweise zwischen einer Membran 9 und der unteren Oberfläche 8 des zugehörigen Trägerseiten 1 ein Zwischenraum von ca. 0,05 mm bleibt. Dies ergibt jeweils eine relativ feste Fixierung der Membran 9 in bezug auf die untere Oberfläche 8 eines Trägerseiten 1, fast schon in Form einer Festklemmung.

Wie bereits erwähnt, dienen die Rippen 5 nicht nur als Stützstruktur für die Membranen 9, sondern auch zur Bildung der Durchströmungskanäle 12 für den zu reinigenden Gasstrom (bzw. Flüssigkeitsstrom), wobei die

Rippen 5 die Begrenzungswände dieser Durchströmungskanäle 12 bilden.

Gemäß einer abgewandelten Ausführungsform eines Membranmoduls 20', wie dieses in den Fig. 4 und 5 dargestellt ist, kann auch vorgesehen sein, daß jede Membrantasche 11' einerseits durch eine erste Membran 9 und andererseits durch eine zweite Membran 9' begrenzt ist, wobei diese ersten und zweiten Membranen 9 und 9' jeweils randseitig an einem unteren, ebenen Oberflächenbereich 8' eines zugehörigen Trägerteils 1' befestigt sind. Bei dieser Befestigungsweise sind insbesondere die randseitigen Befestigungsabschnitte 10 der ersten Membran 9 im unteren Oberflächenbereich 8' der Wandung 3' des Trägerteils 1' jeweils vor einer Zulauföffnung 7' bzw. hinter einer Ablauföffnung 15 (vgl. Fig. 5) der Membrantasche 11' angeordnet. Andererseits sind die jeweiligen randseitigen Befestigungsabschnitte 10' der zweiten Membran 9' im unteren Oberflächenbereich 8' der Wandung 3' des Trägerteils 1' hinter der Zulauföffnung 7' bzw. vor der Ablauföffnung 15 der Membrantasche 11' angeordnet.

Darüber hinaus ist bei der Ausführungsform gemäß den Fig. 4 und 5 in dem die Rippen aufweisenden Bereich B des Trägerteils 1' ein System aus im wesentlichen zueinander parallelen Doppelrippen 5' und 5'' vorgesehen, wobei von einem im Trägerteil-Bereich B vorhandenen, plattenartigen Mittelteil 18 des Trägerteils 1' ausgehend die ersten und zweiten Rippen 5' und 5'' in zwei einander entgegengesetzten Richtungen, das heißt nach oben und nach unten gleichförmig abstehend ausgebildet sind.

Infolgedessen ergeben sich jeweils oberhalb und unterhalb des plattenartigen Mittelteils 18, des Trägerteils 1' obere und untere Durchströmungskanäle 12' und 12'', die gleichsam paarweise angeordnet sind.

Die erste Membran 9 wird durch eine Reihe der nach oben abstehenden ersten Rippen 5' abgestützt, während diese Membran 9 hierbei eine entsprechende Gruppe dieser ersten Durchströmungskanäle 12' abdeckt.

Andererseits wird die zweite Membran 9' durch eine entsprechende Reihe der nach unten abstehenden, zweiten Rippen 5'' abgestützt und deckt hierbei eine entsprechende zweite Gruppe von zweiten Durchströmungskanälen 12'' ab.

Das in der Fig. 5 lediglich zum Teil dargestellte Membranmodul 20' setzt sich aus aufeinandergestapelten Trägerteilen 1' mit den daran befestigten Membrantaschen 9' zusammen. In der Fig. 5 sind zwar lediglich drei aufeinandergestapelte Trägerteile 1' dargestellt, in der Regel wird jedoch eine wesentlich größere Anzahl solcher Trägerteile 1' zur Bildung des resultierenden Membranmoduls 20' verwendet, wobei diese Trägerteile 1' in der aus den Fig. 4 und 5 ersichtlichen Art und Weise aufeinandergestapelt werden.

Wie bereits oben erwähnt, weist dieses Trägerteil 1' in seiner Breitenrichtung jeweils drei aufeinanderfolgende funktionelle Bereiche A, B, C auf, wobei aus Fig. 5 lediglich ein Teilabschnitt des rechten Bereiches C ersichtlich ist. Dieser gemäß Fig. 5 rechte Teilbereich C entspricht dem linken Teilbereich A, das heißt, daß in dem in Fig. 5 nicht gezeigten Endabschnitt des rechten Teilbereiches C wiederum sämtliche Ablaufbohrungen der aufeinandergestapelten Trägerteile 1' fluchtend übereinander liegen, in gleicher Weise wie auf der linken Seite die Zulaufbohrungen 6, so daß wiederum in diesem Endteil des rechten Teilbereiches C ein entsprechender Ablauftunnel gebildet wird, der durch den Stapel der Trägerteile 1' vollständig hindurchgeht. Diese Ablauftunnel ist

wiederum für sämtliche Membrantaschen 11' gemeinsam. In der Fig. 5 ist noch durch die Pfeile Pf₅ und Pf₆ der Strömungsverlauf von dem Innenraum jeweils einer Membrantasche 11' in Richtung zur auf der rechten Seite gemäß Fig. 5 liegenden Ablauftunnel 15 des Membranmoduls 20' angedeutet.

Die Befestigung der Membranen 9 und 9' jeweils auf der unteren Oberfläche eines Trägerteils 1', genauer gesagt auf der Unterseite jeweils einer unteren Wand 3', erfolgt vorzugsweise mittels Verkleben oder Verschweißen, so daß die bereits oben erwähnten, jeweiligen randseitigen Befestigungsabschnitte 10 und 10' im entsprechenden unteren Oberflächenbereich 8' der unteren Wand 3' des Trägerteils 1' gebildet werden.

Während sich jeweils eine Membran 9 der Membrantaschen 11' auf den oberen freien Kanten 17' der Rippen 5' abstützt, gelangt die zweite Membran 9' jeweils auf den unteren freien Kanten der gegenüberliegenden Rippen 5'' zur dichten Anlage.

Ferner ist aus den Fig. 2, 4 und 5 ersichtlich, daß zur gegenseitigen flüssigkeitsdichten Abdichtung der aufeinandergestapelten Trägerteile 1 bzw. 1' O-Ringe 13 vorgesehen sind, die jeweils oberhalb der Zulaufbohrungen 6 bzw. der entsprechenden Ablauftunnelungen in jeweiligen Ausnahmungen 4' innerhalb der verstärkten randseitigen Wandungsabschnitte 4 der Trägerteile 1 bzw. 1' vorgesehen sind.

Darüber hinaus sind in den beiden äußeren, rechten und linken Wandungsabschnitten 4 der Trägerteile 1 bzw. 1' in jeweiligen, dort vorgesehenen Ausnahmungen 19 (vgl. Fig. 1 und 3) noch zusätzliche Abdichtungselemente 14 vorgesehen.

Aus Fig. 6 und 7 ist eine Ausführungsvariante für ein Trägerteil ersichtlich. In diesem Falle weist ein jedes Trägerteil 1 auf seiner oberen Wand 2 eine vorgegebene Anzahl vonnoppenartigen Vorsprüngen 21 auf, während es auf seiner gegenüberliegenden unteren Wand 3 eine vorgegebene Anzahl von komplementären Ausnahmungen 22 aufweist, wie aus Fig. 7 ersichtlich ist.

In bevorzugter Weise befinden sich diesenoppenartigen Vorsprüngen 21 und komplementären Ausnahmungen 22 im Bereich des verstärkten randseitigen Wandungsabschnittes 4 einer Trägerplatte 1. Beim Aufeinanderstapeln der Trägerteile 1 zur Bildung des Membranmoduls werden dienoppenartigen Vorsprüngen 21 in die entsprechenden Ausnahmungen 22 eingesteckt, derart, daß sich eine Art von Steckverbindungssystem ergibt, wodurch die aufeinandergestapelten Trägerteile 1 in sicherer Weise gegenseitig befestigt sind.

Dienoppenartig ausgebildeten Vorsprünge auf dem verstärkten Wandungsabschnitt 4 eines Trägerteils 1 sind vorzugsweise von runder, scheibenförmiger Gestalt, entsprechend sind die dazugehörigen Ausnahmungen 22 zur Aufnahme dernoppenartigen Vorsprünge 21 ausgebildet. Im übrigen können diese Vorsprünge 21 allgemein zapfenförmig ausgebildet sein, beispielsweise könnten sie anstatt rund auch rechteckförmig oder ähnlich ausgestaltet sein.

Je nach geometrischer Form dernoppenartigen Vorsprünge 21 sind natürlich auch die Ausnahmungen 22 zur Aufnahme dieser Vorsprünge ausgestaltet.

Fig. 7 zeigt zwei übereinander angeordnete randseitige Wandungsabschnitte 4 in jeweiligen Teil-Schnittansichten gemäß A-B nach Fig. 6 von Trägerplatten 1, wobei ersichtlich ist, daß während des Aufeinanderstapelns von jeweils zwei benachbarten Trägerteilen 1 die entsprechenden auf der einen Oberfläche befindlichennoppenartigen Vorsprünge 21 in die auf der anderen

Oberfläche befindlichen Ausnehmungen 22 in Richtung des Pfeiles Pf eingesetzt werden. Dies ergibt eine sichere gegenseitige Fixierung der aufeinandergestapelten Trägerteile 1.

Weiterhin ist aus der Fig. 8 noch ersichtlich, daß die Rippen 5 im Bereich ihrer oberen freien Kanten 17 jeweils mit Kerben 23 versehen sind, wobei derartige Kerben 23 in der Längsrichtung der Rippen 5 in regelmäßigen gegenseitigen Abständen voneinander angeordnet sind. 5

Im Vorangehenden wurde bereits beispielsweise anhand der Fig. 2 erläutert, daß sich die Membranen 9 der Membrantaschen 11 auf den freien Kanten 17 der Rippen 5 abstützen und hierbei die offenen Seiten sämtlicher Durchströmungskanäle 12 abdecken. Aufgrund der in Fig. 8 dargestellten Ausführungsform mit den Kerben 23 an den oberen freien Kanten der Rippen 5 wird erreicht, daß es zu einer verstärkten Verwirbelung des Gasstromes im Bereich der Membranoberflächen kommt, was wiederum zu einer Erhöhung der Gas-Verweilzeit im Membranbereich führt, mit dem Ergebnis, daß die Effektivität des Stoffaustausch-Systems "gasförmig/flüssig" noch verbessert werden kann. 10 15 20

Die Membranoberflächen liegen somit auf den freien Kanten 17 der Rippen 5 nicht durchgehend auf, sondern diese Auflageflächen sind praktisch durch die Kerben 23 unterbrochen, wodurch der erwünschte Verwirbelungseffekt erzielt wird. 25

Schließlich sind, wie in den Zeichnungen im einzelnen nicht dargestellt ist, Deckplatten und Bodenplatten vorgesehen, mit denen jeweils das aus den aufeinandergestapelten Trägerteilen 1 bzw. 1' gebildete Membranmodul 20 bzw. 20' abgeschlossen ist, wobei in diese Deckplatten und Bodenplatten jeweils Zu- und Ablaufkanäle eingefügt sind, die einerseits mit den Zulaufbohrungen 6 und andererseits mit den Ablaufbohrungen in Verbindung stehen. 30 35

Darüber hinaus sind in den jeweiligen vorderen und hinteren Abschnitten der Membranmodule 20 bzw. 20' in Ebenen, die man sich parallel zu der Zeichenebene 40 verlaufend vorzustellen hat, vordere und hintere Stege oder Leisten angeordnet, an welchen die entsprechenden Abschnitte der Membrane 9 und 9' befestigt werden, wobei derartige Stege oder Leisten ebenfalls einen Bestandteil des Trägerteils 1 bzw. 1' bilden können oder aber auf diesem Trägerteil 1 aufgeklebt oder aufgeklemmt sein können. 45

Derartige, den Befestigungsabschnitten 10 bzw. 10' entsprechende Befestigungsbereiche für die Membrane 9 bzw. 9' schließen gleichsam die vorderen und hinteren 50 Abschnitte der Membrantaschen 11 bzw. 11' ab.

Wie bereits oben erwähnt, bestehen die Trägerteile 1 bzw. 1' der Membranmodule 20 bzw. 20' in bevorzugter Weise aus vorgefertigten, einstückigen Spritzgußteilen aus Kunststoff, so daß zur Bildung der resultierenden Membranmodule außer diesen Trägerteilen lediglich noch die Membranmaterialien sowie die O-Ringe 13 und gegebenenfalls noch die zusätzlichen Abdichtungselemente 14 erforderlich sind. 55

Die im Vorangehenden beschriebene Vorrichtung läßt sich im übrigen nicht nur zur Reinigung von Gasen einsetzen, sondern auch zur Reinigung von Flüssigkeiten. 60

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Entfernung von gasförmigen Stoffen aus einem Gasstrom, bestehend aus einem

Membranmodul mit einer Vielzahl von Membrantaschen, deren wenigstens eine Membranwandlung aus einem gasdurchlässigen, flüssigkeitsdichten Material besteht, wobei die Membrantaschen im wesentlichen parallel zueinander und parallel zur Strömungsrichtung des Gasstroms angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) für jede Membrantasche (11, 11') ein im wesentlichen plattenartig ausgebildetes, vorgefertigtes Trägerteil (1, 1') vorgesehen ist, an dessen eine Seite bzw. (untere) Oberfläche (8, 8') angrenzend jeweils eine Membrantasche (11, 11') mit Flüssigkeitszulauf- und -ablauföffnungen (7, 15) angeordnet und mit dieser Seite bzw. Oberfläche (8, 8') randseitig abdichtend verbunden ist, während zumindest auf der gegenüberliegenden Seite bzw. (oberen) Oberfläche (16, 16') des Trägerteils (1, 1') eine Reihe von nebeneinander angeordneten, parallelen Durchströmungskanälen (12, 12') für den Gasstrom ausgebildet sind, deren Begrenzungswände durch auf dieser Seite bzw. Oberfläche (16, 16') des Trägerteils (1, 1') im Bereich (B) angeformte, parallele Rippen (5, 5') als Abstandselemente gebildet sind;
- b) in den an den Bereich (B) der Rippen (5) angrenzenden beiden Seitenbereichen (A, C) des Trägerteils (1, 1') jeweils die für alle Membrantaschen (11, 11') gemeinsamen Zulauf- und Ablaufbohrungen (6) ausgeformt sind;
- c) die Trägerteile (1, 1') in der Weise übereinander gestapelt sind, daß die jeweils wenigstens eine Membran (9) der Membrantaschen (11, 11') sich auf den freien Kanten (17, 17') der Rippen (5, 5') an einem benachbarten Trägerteil (1, 1') abstützt und hierbei die offenen Seiten sämtlicher Durchströmungskanäle (12, 12') abdeckt; und
- d) die in jedem Trägerteil (1, 1') ausgesparten Zulauf- und Ablaufbohrungen (6) fluchtend übereinanderliegen und entsprechende Kanäle bilden, die durch den Stapel der Trägerteile (1, 1') vollständig hindurchgehen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine jede Membrantasche (11) einerseits durch eine Membran (9) und andererseits durch eine untere, ebene Oberfläche (8) eines Trägerteils (1) begrenzt ist, an welcher die Membran (9) randseitig befestigt ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeweilige randseitige Befestigungsabschnitte (10, 10') einer Membran (9, 9') an einer unteren Oberfläche (8, 8') des Trägerteils (1, 1') vor der Position einer Zulauföffnung (7, 7') bzw. hinter der Position einer Ablauföffnung (7') angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jede Membrantasche (11') einerseits durch eine erste Membran (9) und andererseits durch eine zweite Membran (9') begrenzt ist, wobei die ersten und zweiten Membranen (9, 9') jeweils randseitig an einem unteren, ebenen Oberflächenbereich (8) eines Trägerteils (1') befestigt sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die randseitigen Befestigungsabschnitte (10) der ersten Membran (9) im unteren Oberflächenbereich (8') der Wandung (3') des Trägerteils (1') jeweils vor einer Zulauföffnung (7')

bzw. hinter einer Ablauföffnung (15) der Membrantasche (11') und daß die randseitigen Befestigungsabschnitte (10') der zweiten Membrane (9') im unteren Oberflächenbereich (8') der Wandung (3') des Trägerteils (1') jeweils hinter der Zulauföffnung (7') bzw. vor der Ablauföffnung (15) der Membrantasche (11') angeordnet sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß in dem die Rippen aufweisenden Bereich (B) des Trägerteils (1') ein System von parallelen Doppelrippen (5', 5'') vorgesehen ist, wobei von einem im Bereich (B) vorhandenen plattenartigen Mittelteil (18) des Trägerteils (1') ausgehend die ersten und zweiten Rippen (5', 5'') in zwei einander entgegengesetzten Richtungen, d. h. nach oben und nach unten gleichförmig absteigend, ausgebildet sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Membrane (9) durch die Reihe der nach oben absteigenden, ersten Rippen (5') abgestützt wird und hierbei eine entsprechende Gruppe von ersten Durchströmungskanälen (12') abdeckt, und daß die zweite Membrane (9') durch eine entsprechende Reihe der nach unten absteigenden, zweiten Rippen (5'') abgestützt wird und hierbei eine entsprechende zweite Gruppe von zweiten Durchströmungskanälen (12'') abdeckt.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur flüssigkeitsdichten Abdichtung der aufeinanderfolgenden Trägerteile (1, 1') in dem Stapel O-Ringe (13) vorgesehen sind, die jeweils oberhalb der Zulaufbohrungen (6) bzw. der Ablaufbohrungen in entsprechenden Ausnehmungen (4') innerhalb von verstärkten randseitigen Wandungsabschnitten (4) des Trägerteils (1, 1') eingesetzt sind, wobei ggf. noch zusätzliche Abdichtungselemente (14) in diesen Wandungsabschnitten (4) vorgesehen sind.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das aus den aufeinandergestapelten Trägerteilen (1, 1') gebildete Membranmodul (20, 20') mittels einer Deckplatte und einer Bodenplatte abgeschlossen ist, in welche Zu- und Ablaufkanäle eingeformt sind, die einerseits mit den Zulaufbohrungen (6) und andererseits mit den Ablaufbohrungen in Verbindung stehen.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1—9, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran (9) eine erste hydrophobe Schicht aufweist, die eine mikroporöse, gereckte PTFE-Folie ist, und eine zweite hydrophile Schicht, die mit der ersten Schicht verbunden ist, und die eine Wasserdampfdurchlässigkeit von über 1000 g pro m² und Tag besitzt.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die hydrophobe Schicht und die hydrophile Schicht jeweils eine Dicke von 5—1500 µ, vorzugsweise 20—100 µ aufweisen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die hydrophile Schicht eine Beschichtung aus Polyurethan ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtung in einer Menge von 5—15 g pro m² aufgebracht sind.

14. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die hydrophile Schicht Polyether-Polyurethan ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch

5

gekennzeichnet, daß die hydrophile Schicht eine Membran aus Perfluorsulfonsäure ist.

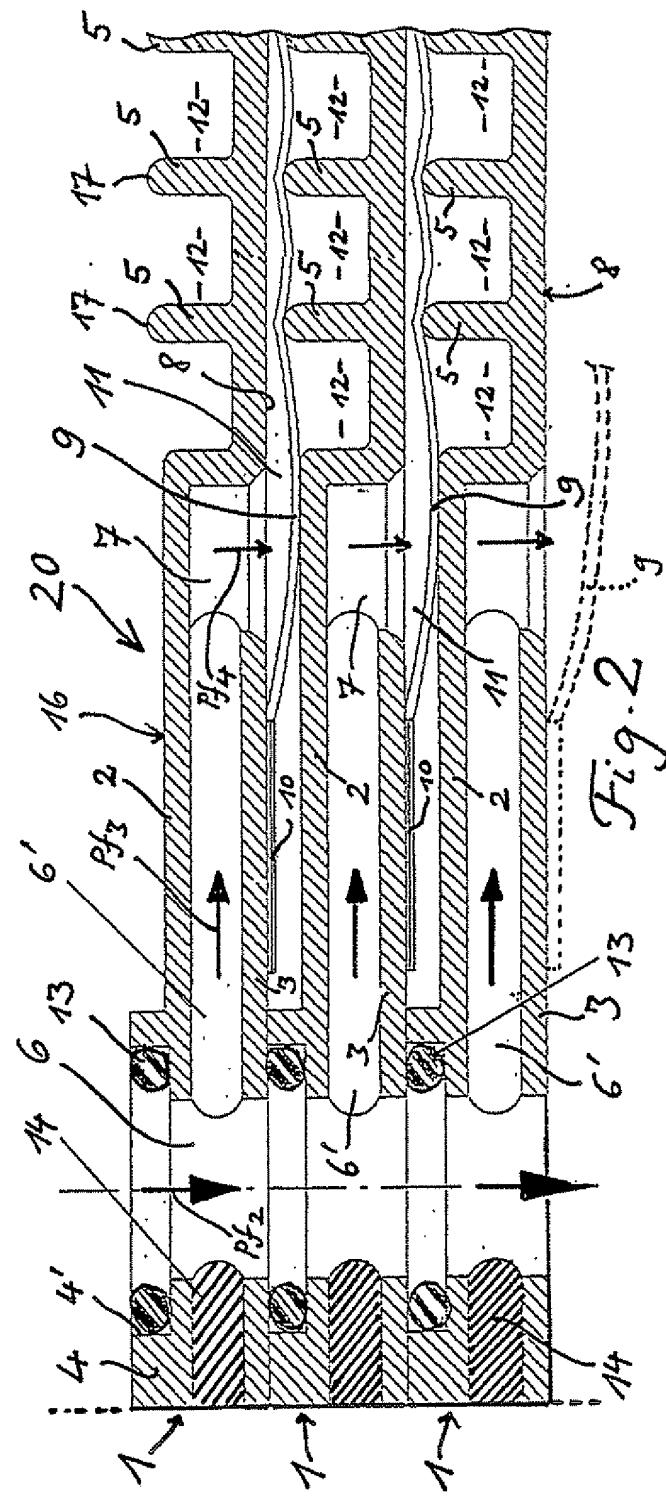
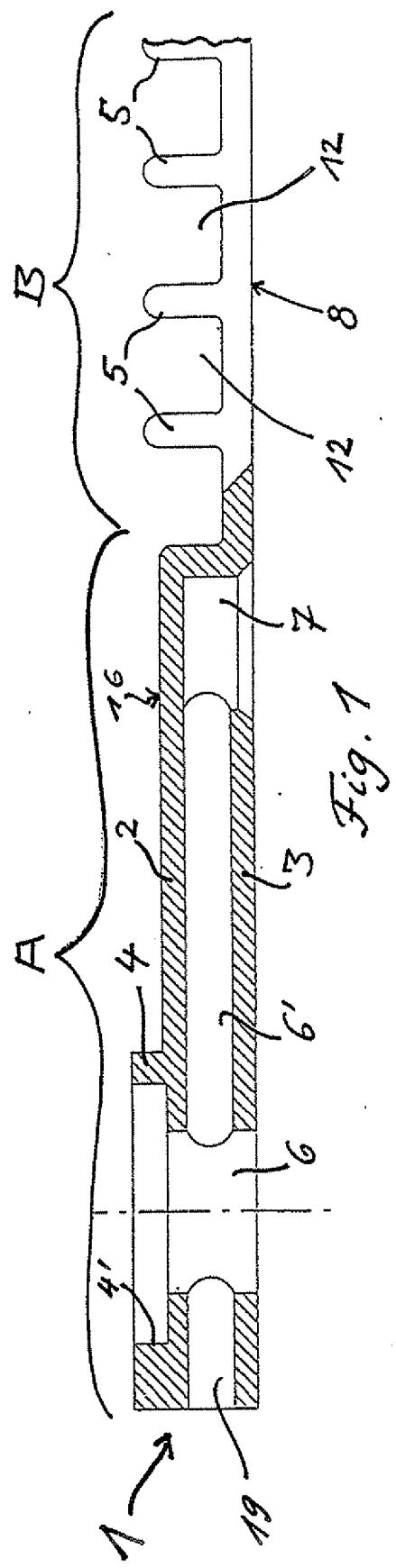
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10—15, dadurch gekennzeichnet, daß die hydrophobe Schicht und die hydrophile Schicht ein Laminat bilden.

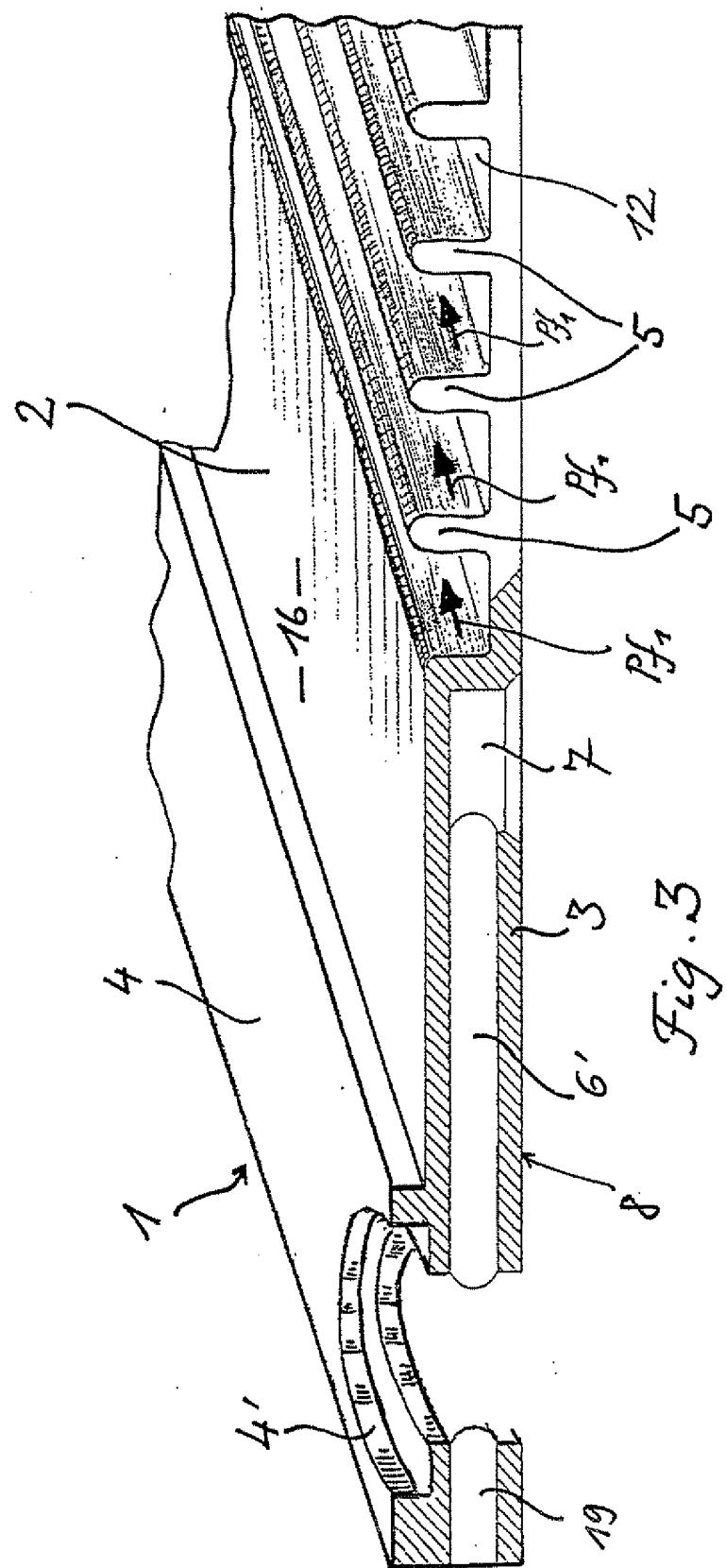
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10—16, dadurch gekennzeichnet, daß die Membran mit einem luftdurchlässigen Trägermaterial verbunden ist, das vorzugsweise aus Vlies, Lochfolie oder Textil besteht.

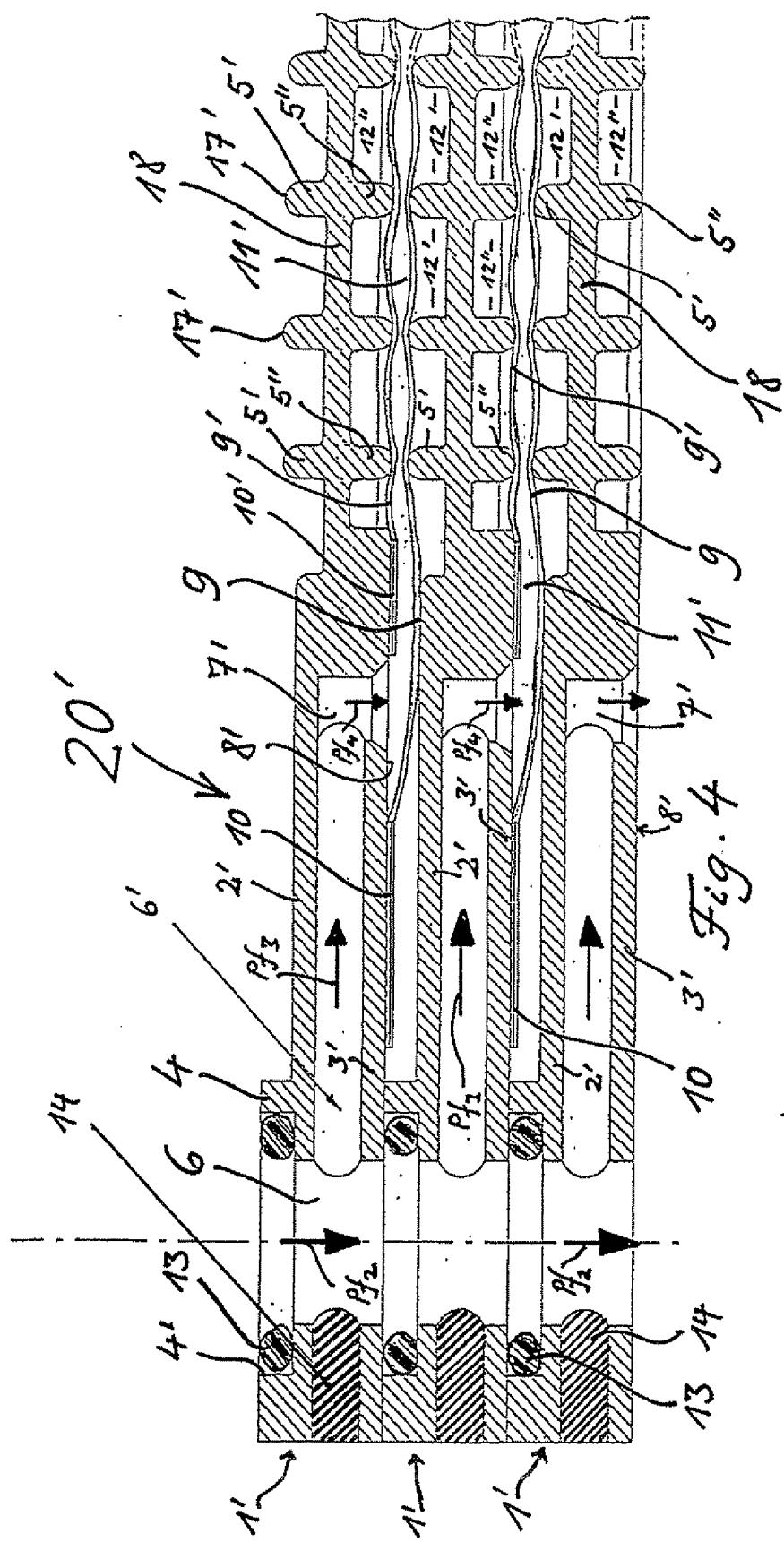
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Trägermaterial zwischen zwei Membranen eingeschlossen ist.

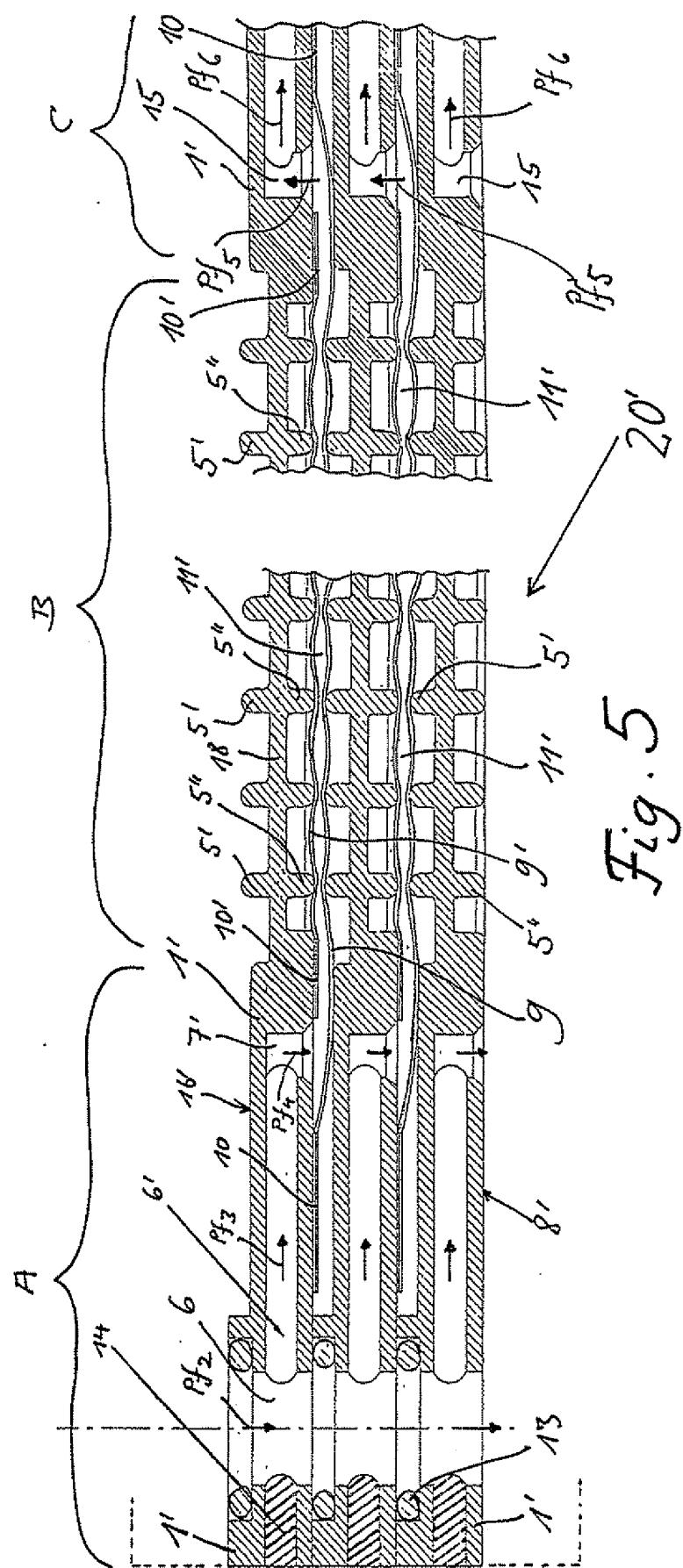
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die hydrophile Schicht der Membran außen liegt.

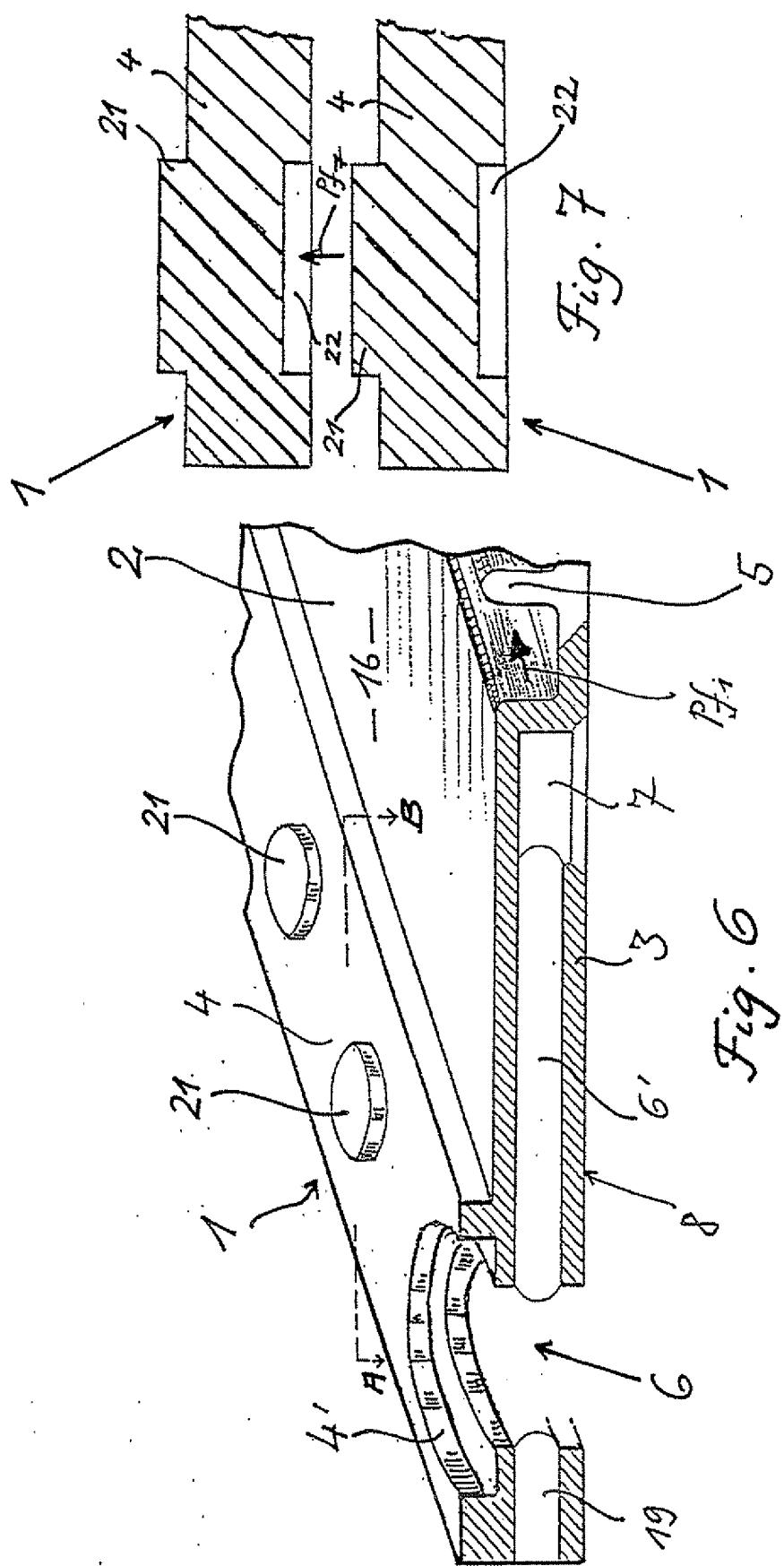
Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen











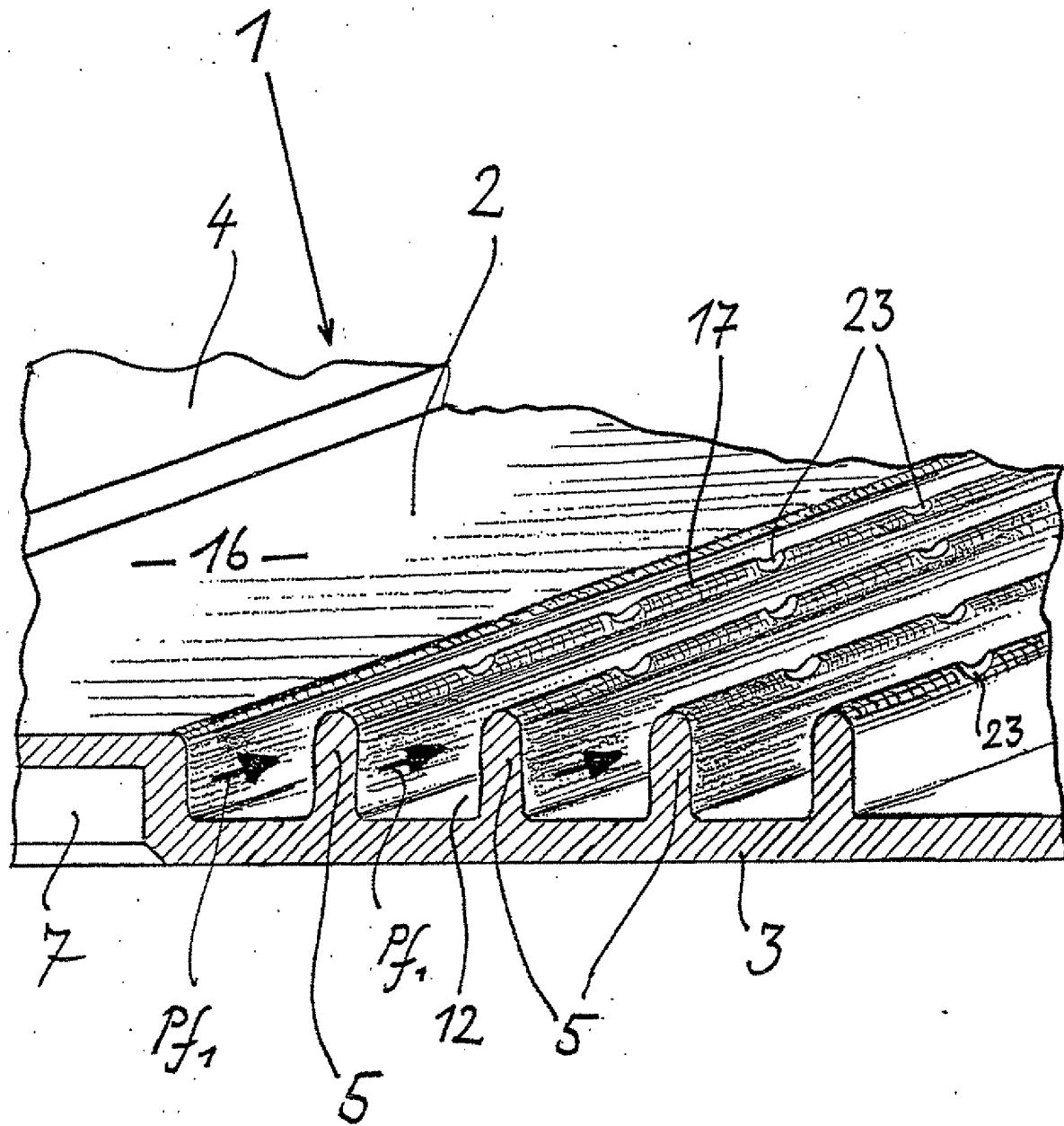


Fig. 8

German Patent No. 43 42 485 C1

Job No.: 549-113691

Ref.: Pall/440490

Translated from German by the McElroy Translation Company
800-531-9977 customerservice@mcelroytranslation.com

FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY
GERMAN PATENT OFFICE
PATENT NO. 43 42 485 C1
(Patentschrift)

Int. Cl.⁶:

B 01 D 53/00
B 01 D 53/22
B 01 D 63/00
C 02 F 1/44

Filing No.:

P 43 42 485.6-43

Filing Date:

December 13, 1993

Date Granted:

March 30, 1995

APPARATUS FOR REMOVING GASEOUS SUBSTANCES FROM A GAS STREAM

Inventor:

Valentin Kramer
83620 Feldkirchen, DE

Holder:

W.L. Gore & Associates GmbH
85640 Putzbrunn, DE

Agents:

Dr. H. Klunker
Dr. G. Schmitt-Nilson
P. Hirsch
Patent Attorneys
80797 Munich

Documents Considered for
Evaluation of Patentability:

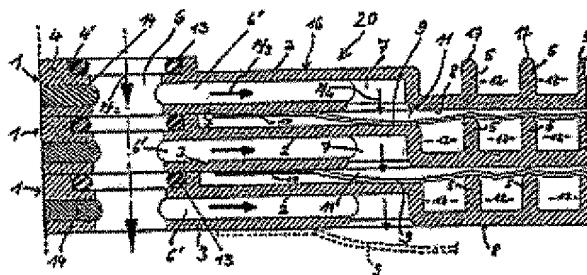
DE 40 27 126 C1
DE 31 25 222 C2
DE 28 25 788 C2
DE 39 18 430 A1

Opposition can be raised within 3 months after publication of the granting

[Abstract]

In a novel apparatus for removing gaseous substances from a gas stream (liquid stream), a membrane module is provided, which has essentially flat membrane pockets, which are made

from a liquid-tight material and which are arranged parallel to each other and parallel to the direction of flow of the gas stream which are designed for receiving a suspension of microorganisms or the like and which can be charged via an inlet and emptied via an outlet. For each membrane pocket (11) of the membrane module (20) there is a plate-shaped support part (1), on one surface (8) of which borders a respective membrane pocket (11) and which is connected to this surface (8) at the edge to form a seal. On the opposite surface (16) of the support part (1) there is a row of through channels (12) for a gas stream, whose boundary walls are formed by parallel ribs (5) formed in a central region (B) of the support part (1), with inlet and outlet boreholes (6) for the membrane pockets being formed, respectively, in the two side regions (A, B) of the support part (1) bordering the region (B) of the ribs (5). The support parts (1) are stacked one above the other in the membrane module (20) such that each membrane (9) of the membrane pockets (11) is supported on the free edges of the ribs (5) on a respective bordering support part (1) and in this way the open sides of all... [sic]



The invention relates to an apparatus for removing gaseous substances from a gas stream, with the additional features as defined in the preamble of Claim 1.

From DE 40 27 126 C1 an apparatus for removing gaseous substances from a gaseous medium through microorganisms is already known, wherein the membrane modules here are made from essentially a box-shaped housing, in which is arranged a plurality of flat membrane pockets made from a gas-permeable, liquid-tight material, wherein the outer dimensions of these membrane pockets correspond to the inner dimensions of the housing. Between the successive membrane pockets, rod-shaped spacing elements, which define a certain spacing between the membrane pockets, are provided along the side edges. The membrane material can also have raised or reinforced sections, so that a certain spacing between two membrane pockets is guaranteed over the entire surface. Each of the individual membrane pockets is provided with an inlet line and an outlet line, which open into a common supply or discharge line. The membrane material that is used is gas-permeable and liquid-tight. Preferably, a polyurethane film is used.

If such known membrane modules are used, for example, for cleaning exhaust gas, then very large membrane surfaces are required. To be able to use such a method economically, the production expense must be minimized. Joining the inlet and outlet lines, which are separate for each pocket, into a common supply and discharge line is time-intensive, complicated, and susceptible to failure. As another disadvantage, the fact must be taken into account that the membrane pockets bulge out on one side due to the weight of the liquid located in the pockets and therefore reduce the free flow cross section for the gas stream. An exact calculation of the flow resistance is possible only with difficulty under these circumstances because it changes as a function of time.

If the side surfaces of the membrane pockets are provided with raised sections, then the production of the membrane becomes more expensive and the efficiency of the material exchange through the membrane is reduced.

Because the membrane pockets are held only at the sides, it can happen that the flexible front edge folds up under the back-up pressure of the gas stream and closes intermediate spaces provided for the gas stream.

From DE 39 18 430 A1, a device for molecular separation of mixtures according to the principle of sorption and permeation is known, wherein use is made of a layer combination made from activated carbon and an active membrane layer with or without a support structure. In particular, the active membrane layer is deposited on a self-supporting wall made from activated carbon. Here, in the boundary layer the initially liquid active membrane material settles into the pores of the activated carbon, whereby, in the subsequent precipitation process, the active membrane material becomes solid and has a good anchor. In addition to the function of absorption, the self-supporting wall made from activated carbon also takes over the function of the support material for the active membrane layer (permeation).

From DE 31 25 222 C2, a support body for a membrane element made from two semi-permeable membranes and two porous plates enclosed between the membranes for separating gas and liquid mixtures is known, wherein the outer surfaces of the plates facing the membranes are smooth and outlet channels are provided on the facing insides of the plates and wherein the plates for forming outlet channels are ribbed on their insides and the ribbed sides form a direct contact. In this way, a stiffer construction of the support body is achieved overall.

From DE 28 25 788 C2, a method for removing gaseous components from a gas mixture through contacting of the mixture with an immobilized liquid membrane is known, wherein in detail measures are described for improving the maintenance of the separation effectiveness of such an immobilized liquid membrane.

In German Patent Application P 43 03 936.7 (AT [Filing Date]: February 10, 1993) not released to the public, a membrane module is further described, which is made from a plurality

of flat membrane pockets, which are arranged parallel to each other and parallel to the flow direction of the gas stream and of which each has a flat, circumferential frame that is tensioned on both sides forming a seal with the membrane material and which has, perpendicular to the plane of its frame, at least one inlet bore and at least one outlet bore, which penetrate the membrane and which are connected between the membranes through another bore or a groove to the space surrounded by the membranes and the frame, wherein several membrane pockets are also stacked one above the other, such that the inlet bores and the outlet bores each lie one above the other and form continuous channels. In such a stack formed by successive membrane pockets, the spacers arranged laterally between the membrane pockets are each constructed as seals with bores that match, in terms of size and arrangement, the inlet and outlet bores in the frame of the membrane pockets. Support structures, which define the spacing between the individual membrane pockets over the entire surface of a pocket and which are formed, for example, by a rigid film with a zigzag profile or by an open-pore structure made from bending-resistant fibers or wire, are arranged in each intermediate space between the successive membrane pockets.

Such a membrane module described in the patent application named above requires the production of various individual parts, especially frames, support structures, and spacers, which must be joined and mutually adjusted for forming the resulting membrane module.

In particular, this generates a relatively high production expense.

The present invention is based on the task of specifying an improved apparatus of the type defined above, wherein easily constructed membrane modules should be created, which can be produced very economically and which are constructed so that they deliver defined material-exchange properties with improved efficiency over longer operating times.

This task is accomplished according to the invention by the features specified in the characterizing part of Claim 1.

The core concepts of the present invention are considered to be, (a) to provide, for each membrane pocket of the membrane module, an essentially plate-shaped, prefabricated support part, on one side or bottom surface of which a respective bordering membrane pocket with liquid inlet and outlet openings is arranged and is connected to this side or surface forming a seal at the edge, while at least on the opposite side or top surface of the support part there is a row of parallel through channels for the gas stream arranged one next to the other, whose bordering walls are formed as spacing elements by parallel ribs formed on this side or top surface of the support part in a region (B); it is further provided that (b) common supply and discharge boreholes are formed for all of the membrane pockets in the two side regions (A and C) of the support part bordering the region (B) of the support part containing the ribs, and (c) the support parts are stacked one above the other such that at least one membrane of the membrane pockets

is supported on the free edges of the ribs on an adjacent support part and in this way covers the open sides of all of the flow channels; finally it is also provided that (d) the supply and discharge boreholes cut out in each support part align one above the other and form corresponding channels, which pass completely through the stack of support parts.

Other advantageous constructions of this apparatus according to the invention emerge from the subordinate claims.

For example, with special advantage each membrane pocket can be bordered on one side by a membrane and on the other side by a bottom, smooth surface of the support part, on which this membrane is mounted at the edge.

Preferably, in this way the respective edge-side mounting sections of the membrane on the bottom surface of the support part can be arranged in one case in front of the position of a supply opening and in another case behind the position of a discharge opening.

According to a modified refinement of the present invention, it can also be provided that each membrane pocket is bordered on one side by a first membrane and on the other side by a second membrane, wherein these first and second membranes are each mounted at the edge on a bottom, smooth surface region of the support part.

In particular, in this embodiment the edge-side mounting sections of the first membrane can be arranged in the bottom surface region of the walls of the support part respectively in front of a supply opening or behind a discharge opening of the membrane pocket, while the edge-side mounting sections of the second membrane can be arranged in the bottom surface region of the walls of the support part respectively behind the supply opening or in front of the discharge opening of the membrane pocket.

According to another preferred modification of the membrane module according to the invention, in the region (B) of the support part with the ribs, a system made from essentially parallel double ribs can be provided, wherein the first and second ribs are each formed projecting equally in two opposite directions, i.e., on one side in the direction towards the top and on the other side in the direction towards the bottom, starting from a plate-shaped center part of the support part in this region (B).

In the case of the latter construction of the invention, the respective first membrane of a membrane pocket is supported by the row of upward projecting first ribs and in this way covers a corresponding group of first flow channels, while the respective second membrane of the membrane pocket is supported by a corresponding row of downward projecting second ribs and in this way covers a corresponding second group of second flow channels.

As already mentioned above, for forming a resulting membrane module, a given number of plate-shaped, prefabricated support parts are stacked one above the other. To guarantee a secure mutual attachment of the support parts stacked one above the other, each support part can

have on its top wall a given number of knob-like projections and on its bottom wall a given number of complementary recesses, such that in the stack formed by the support parts stacked one above the other, the knob-like projections can be inserted into the corresponding recesses.

Preferably, these knob-like projections and the complementary recesses can be provided in the respective wall sections of the support parts reinforced at the edges.

In the case of the latter embodiment, a form of modular system is created, which is equipped with the prefabricated support parts constructed according to the invention and fixed practically automatically in the stacking with the help of the explained plug-connection means (knob-like projections on one side, complementary recesses on the other).

In this way, an extraordinarily good mechanical stability of the resulting membrane module is guaranteed.

In addition, the free edges of the ribs can be provided with notches, which are arranged at regular mutual intervals from each other in the longitudinal direction of the ribs. With the help of such notches, it can be achieved that a form of turbulence is created in the gas stream (or liquid stream) to be cleaned and guided through the flow channels, which, on the other hand, leads in turn to an increase in the dwell time of the gas stream in the region of the membrane surfaces of the membrane pockets, which are supported on the free edges of these ribs. An increase in the dwell time of the gas to be cleaned in the region of the membrane surfaces has the advantage in turn that the efficiency of the "gaseous/liquid" material exchange can be further increased.

A corresponding turbulence effect, however, could also be achieved or even increased in that the membrane used for forming the membrane pockets is connected to a laminate, which is preferably composed of a rough non-woven, so that the surface of this non-woven directly contacts the free edges of the ribs.

In each case, the support parts for the membrane pockets of the membrane module according to the invention are preferably formed by one-piece plastic, injection-molded parts, which can be produced relatively cost-effectively by means of known injection-molding methods.

The rib system formed in the given regions of the support part satisfies the function of both spacing elements and also support structures, i.e., separate components are no longer required for these functions.

The flow channels respectively bordered at the side by the ribs for the gas stream are constructed so that a minimum of 60-70% free gas throughput is possible, wherein simultaneously the membrane material of the membrane pockets is supported by these ribs in an exceptionally good way. In addition, due to this construction, the membrane material of the membrane pockets is exceptionally well fixed by the ribs, whereby the resulting stability and

durability of the membrane modules according to the invention can be significantly improved in comparison with known constructions.

Incidentally, in addition to the construction of the modules, which has the primary effect on the flow behavior, the efficiency of the material exchange in such modules is also dependent on the suitability of the membrane that is used. In addition to the already mentioned polyurethane film, it is also known from microbiology to grow cell cultures in membrane pockets, which are gas-permeable and liquid-tight. As the material for these membranes, polyethylene and polypropylene have been proposed (US-A-3 184 395), ethylene-propylene copolymer (US-A-3 941 662) or also silicone rubber (WO 90/10690). All of these membranes have the property that they are gas-permeable, i.e., they always allow the passage of oxygen molecules. It has also already been proposed to use a microporous, oriented PTFE membrane, which is available on the market under the trade name GORE-TEX (registered trademark of W.L. Gore & Associates). Due to its property of allowing the passage of water vapor and air, but holding back water, such membranes are used in a large scale for the production of sport clothing. The production of such membranes is described in US Patents 3 953 556 and 4 187 390.

Although membrane modules, which are equipped with a PTFE membrane, are very generally suitable as reactors for the "gaseous/liquid" material exchange system, it has been shown that for cleaning exhaust gas with the help of microorganisms, too much oxygen is fed to the microorganisms through the microporous membrane structure. This oxygen supply accelerates the growth or the reproduction of the microorganisms to such a degree that in a short amount of time, the membrane pockets are observed to be blocked. The flow resistance of the membrane pockets is then so high that processing must be performed with pressure differences that the membrane pockets cannot withstand mechanically. Therefore, there is a need for a membrane that can be used primarily for exhaust gas cleaning with the help of microorganisms. In German Patent Application P 43 26 677.0 (AT [Filing Date]: August 9, 1993) not released to the public, it is described that a microporous, oriented PTFE membrane has proven to be effective, which has a surface-covering, continuous coating made from a hydrophilic material. The hydrophilic material must have a water-vapor permeability of at least 1000 g per square meter and day. Polyurethane, for instance, has such properties, and can be deposited on the PTFE film as a coating in an amount of 1 to 15 g per square meter. The hydrophilic layer, however, can also be polyether polyurethane or a membrane made from perfluorosulfonic acid. The material combinations correspond to those that are also used in the clothing industry. For example, in US-A 4 194 041 a two-ply laminate made from a microporous PTFE layer and a hydrophilic layer is described, which can also be used in the scope of this invention. The contents of the disclosure of this patent are referenced explicitly.

Because the efficiency of the material exchange is directly dependent on the thickness of the membrane, frequently membranes are used that are so thin that they have poor mechanical properties, for example, they can tear easily. To prevent this, the membranes are preferably connected to an air-permeable support material, which preferably can be a non-woven, a perforated film, or a textile material. If the layer material is processed to form a membrane pocket, care must be taken that the support material does not come to lie on the inside of the membrane pocket, that is, on the liquid side, because microorganisms penetrate into the porous structure of the support material and block its pores. For membranes, which are laminated with a support material, this support material must be arranged on the outside of the membrane pocket, i.e., the side charged with the gas stream.

To avoid the problems of handling an asymmetric web, a symmetric membrane can also be used. In this case, the support material is encased between two microporous PTFE films, which are each coated with a hydrophilic material, preferably polyurethane. The advantages of this symmetric membrane construction are offset to a certain degree by their lower efficiency.

The PTFE film and the hydrophilic coating preferably have the same thickness lying in the range from 0.005-1.5 mm. Preferably, the thicknesses equal 0.02-0.1 mm.

It has been shown that the PTFE membrane coated in the described way can be used especially advantageously for removing NO_x molecules from exhaust gases. It is suspected in this case that the membrane acts as a diffusion membrane, because the microporous character of the PTFE membrane is lost due to the coating, i.e., there is no longer a flow through the membrane. The hydrophilic coating, which should preferably be arranged on the side of the liquid reaction mixture, guarantees a certain water absorption. The intended material exchange is probably also promoted by this flow.

The present invention is now explained in more detail below within the scope of embodiments, wherein reference is made to the enclosed drawings. Shown are:

Figure 1, schematically a partial view, partially in section, of a support part for a membrane pocket,

Figure 2, a partial view of a membrane module in section, which is formed by a number of support parts from Figure 1 stacked one above the other,

Figure 3, a schematic perspective partial view of a support plate from Figure 1,

Figure 4, a schematic partial section view through another embodiment of a membrane module, which is formed by support parts from a modified embodiment stacked one above the other,

Figure 5, another schematic partial section view of the membrane module from Figure 4,

Figure 6, another schematic perspective partial view of a support plate from another embodiment,

Figure 7, schematic partial section views through wall sections each reinforced at the edges in support parts stacked one above the other in the embodiment from Figure 6, wherein the section views are shown according to arrows A-B from Figure 6; and

Figure 8, another schematic perspective partial view of a support plate from another embodiment of the invention.

As is visible especially from Figures 1 and 3, a support part 1 for a membrane pocket is composed essentially from a plate-shaped element (shown only partially in the figures) that has a top wall 2 and also a bottom wall 3, wherein this bottom wall 3 extends over the entire width of the support part 1, while the top wall 2 is provided in each side region of the support part 1. Such a side region is designated in Figure 1 with A. A corresponding side plate region is provided on the opposite, not-shown side of the support part 1 in connection with the plate region B (cf. also the partial section designated in Figure 5 with C for the support part 1' shown there).

As can be seen further from Figures 1 and 3, the top wall region 2 has a reinforced edge-side wall section 4, which extends practically past the level of the top wall 2 and has approximately twice the wall thickness of the top wall 2. In the region of this reinforced wall section 4 there is a recess 4', which is used for receiving an O-ring 13 (cf. Figure 2).

Different recesses are also formed between the top wall 2 and the bottom wall 3 in the region of the plate section A, wherein involved, in particular, are a supply borehole 6, an inner liquid channel 6', another opening 7, and also an edge-side recess 19.

As still to be explained farther below with reference to Figure 2, the supply boreholes 6, the inner liquid channel 6', and the opening 7 are connected to the interior of a membrane pocket 11.

A bottom surface of the wall 3 of the support part 1 is designated with 8 and a top surface of the wall 2 of the support part 1 is designated with 16.

In the plate section B of the support part 1 bordering the plate section A, there is a given number of parallel ribs 5, which are formed on the support part 1 and which are used both as spacing elements and which also form the side border walls for corresponding flow channels 12 running in parallel one next to the other. These flow channels form the channels for passing the gas stream (or liquid stream) to be cleaned.

The direction of flow of this gas stream is designated schematically in Figure 3 with the arrow Pf₁. In Figures 1 and 2, this direction of flow is perpendicular to the plane of the paper.

As can be seen especially from Figure 2, for forming a membrane module 20, several of the support parts shown in Figures 1 and 3 are stacked one above the other, such that each bottom wall 3 comes to lie directly on an edge-side wall section 4 of a top wall 2 of the support parts 1.

In Figure 2, only three support parts 1 are stacked one above the other, but in actuality a significantly greater number of such support elements can be provided for forming a membrane module 20.

From Figure 2 it is further visible that a membrane pocket 11, which is bordered on one side by a membrane 9 and on the other side essentially by the bottom surface 8 of the support part 1, is arranged bordering this bottom surface 8 of a support part 1, wherein this membrane 9 is mounted on each of its edges to the bottom surface 8 of the support part 1, especially by means of adhesion or fusion. The respective edge-side mounting section between a membrane 9 and the bottom surface 8 of a support part 1 is designated with 10. Here, in particular, the respective edge-side mounting section 10 of a membrane 9 is arranged on the bottom surface 8 of the support part 1 in front of the position of the supply opening 7, while the respective edge-side mounting section on the opposite (not shown) side of the support part 1 is arranged behind the position of a discharge opening.

This is explained in detail farther below with reference to Figure 5.

Due to this construction, the supply bore 6, the inner fluid channel 6', and the supply opening 7 are connected to the interior of the membrane pocket 11. In a corresponding way, the membrane pocket 11 is connected on the side of the support part 1 adjacent to the region B via a discharge borehole and an adjacent inner liquid channel to the discharge borehole there, as not shown in detail in the drawings. In this construction, each membrane pocket 11 is charged with liquid via a supply borehole 6, the inner liquid channel 6', the supply opening 7 (cf. the directions of flow according to the arrows Pf₂, Pf₃, and Pf₄), while on the other hand the discharge of the liquid passing through the membrane pockets 11 to the right side is realized in a corresponding way.

As can be seen from Figure 2, the support parts 1 are stacked one above the other such that each membrane 9 of the membrane pockets 11 is supported on the free edges 17 of the ribs 5 on an adjacent support part 1 and in this way covers the open sides of all of the flow channels 12. Due to such a construction, it is achieved that the membrane material, i.e., the membrane 9 of a membrane pocket 11, is strongly fixed by the top free edges 17 of the ribs 5, wherein, for example, an intermediate space of ca. 0.05 mm remains between a membrane 9 and the bottom surface 8 of the associated support part 1. This produces a relatively rigid fixing of the membrane 9 relative to the bottom surface 8 of a support part 1, almost in the form of clamping.

As already mentioned, the ribs 5 are used not only as the support structure for the membranes 9, but also for forming the flow channels 12 for the gas stream (or liquid stream) to be cleaned, wherein the ribs 5 form the bordering walls of these flow channels 12.

According to a modified embodiment of a membrane module 20', as shown in Figures 4 and 5, it can also be provided that each membrane pocket 11' is bordered on one side by a first

membrane 9 and on the other side by a second membrane 9', wherein these first and second membranes 9 and 9' are each mounted at the edge on a bottom, smooth surface region 8' of an associated support part 1'. In this way of mounting, in particular, the edge-side mounting sections 10 of the first membrane 9 are arranged in the bottom surface region 8' of the wall 3' of the support part 1' in front of a supply opening 7' or behind a discharge opening 15 (cf. Figure 5) of the membrane pocket 11'. On the other side, the respective edge-side mounting sections 10' of the second membrane 9' are arranged in the bottom surface region 8' of the wall 3' of the support part 1' behind the supply opening 7' or in front of the discharge opening 15 of the membrane pocket 11'.

In addition, in the embodiment from Figures 4 and 5, a system made from essentially parallel double ribs 5' and 5" is provided in the region B of the support part 1' with the ribs, wherein the first and second ribs 5' and 5" are formed projecting equally in two opposite directions, that is, upward and downward, starting from a plate-shaped middle part 18 of the support part 1' in the support part region B.

Consequently, top and bottom flow channels 12' and 12" in a quasi-paired arrangement are created respectively above and below the plate-shaped middle part 18 of the support part 1'.

The first membrane 9 is supported by a row of first ribs 5' projecting upward, while this membrane 9 hereby covers a corresponding group of these first flow channels 12'.

On the other side, the second membrane 9' is supported by a corresponding row of downward projecting second ribs 5" and here covers a corresponding second group of second flow channels 12".

The membrane module 20' shown only partially in Figure 5 is assembled from support parts 1' stacked one above the other with membrane pockets 9' mounted to these parts. In Figure 5, only three support parts 1' stacked one above the other are shown, but usually a significantly greater number of such support parts 1' is used for forming the resulting membrane module 20', wherein these support parts 1' are stacked one above the other in the way shown in Figures 4 and 5.

As already mentioned above, this support part 1' has three successive functional regions A, B, C in its width direction, wherein only a partial section of the right region C is visible from Figure 5. This right partial region C according to Figure 5 corresponds to the left partial region A, that is, in the end section of the right partial region C not shown in Figure 5, in turn, all of the discharge boreholes of the stacked support parts 1' align one above the other in the same way as the supply boreholes 6 on the left side, so that, in turn, in this end part of the right partial region C a corresponding discharge channel is formed, which passes completely through the stack of the support parts 1'. This discharge borehole is common, in turn, for all of the membrane pockets 11'. In Figure 5, the flow profile from the interior of each membrane pocket 11' in the direction

toward the discharge borehole 15 of the membrane module 20' lying on the right side according to Figure 5 is indicated by the arrows Pf₅ and Pf₆.

The mounting of the membranes 9 and 9' on a respective bottom surface of a support part 1', more precisely the bottom side of a respective bottom wall 3', is preferably realized by means of adhesion or fusion, so that the respective edge-side mounting sections 10 and 10' already mentioned above are formed in the corresponding bottom surface region 8' of the bottom wall 3' of the support part 1'.

While each membrane 9 of the membrane pockets 11' is supported on the top free edges 17' of the ribs 5', the second membrane 9' forms a tight contact on the bottom free edges of the opposite ribs 5".

It is further visible from Figures 2, 4, and 5 that O-rings 13 are provided for mutual liquid-tight sealing of the stacked support parts 1 or 1'. These O-rings are each provided above the supply boreholes 6 or the corresponding discharge boreholes in respective recesses 4' within the reinforced edge-side wall sections 4 of the support part 1 or 1'.

In addition, additional sealing elements 14 are provided in the two outer, right and left wall sections 4 of the support parts 1 or 1' in respective recesses 19 provided there (cf. Figures 1 and 3).

From Figures 6 and 7, a variant for a support part is visible. In this case, each support part 1 has a given number of knob-like projections 21 on its top wall 2, while it has a given number of complementary recesses 22 on its opposite bottom wall 3, as is visible from Figure 7.

In a preferred way, these knob-like projections 21 and complementary recesses 22 are located in the region of the reinforced edge-side wall section 4 of a support plate 1. When stacking the support parts 1 one above the other for forming the membrane module, the knob-like projections 21 are inserted into the corresponding recesses 22, such that a form of plug-connector system is created, whereby the stacked support parts 1 are mutually mounted in a secure way.

The knob-like projections on the reinforced wall section 4 of a support part 1 preferably have a round, disk-shaped structure. The associated recesses 22 are constructed for receiving the knob-like projections 21. Incidentally, these projections 21 are generally peg-shaped, for example, instead of a round structure they can also have a rectangular shape or the like.

According to the geometrical shape of the knob-like projections 21, naturally the recesses 22 are also constructed for receiving these projections.

Figure 7 shows two edge-side wall sections 4 arranged one above the other in respective partial section views according to A-B from Figure 6 of support plates 1, wherein it is visible that during the stacking of two adjacent support parts 1, the corresponding knob-like projections 21 located on one surface are inserted in the direction of the arrow Pf₇ into the recesses 22 located on the other surface. This creates a secure mutual fixing of the stacked support parts 1.

Furthermore, from Figure 8 it is also visible that the ribs 5 are provided in the region of their top free edges 17 with notches 23, wherein such notches 23 are arranged at regular mutual intervals from each other in the longitudinal direction of the ribs 5.

Above, it was already explained, for example, with reference to Figure 2, that the membranes 9 of the membrane pockets 11 are supported on the free edges 17 of the ribs 5 and in this way cover the open sides of all of the flow channels 12. Due to the embodiment shown in Figure 8 with the notches 23 on the top free edges of the ribs 5, it is achieved that a reinforced turbulence effect on the gas stream is generated in the region of the membrane surfaces, which in turn leads to an increase in the gas dwell time in the membrane region, with the result that the effectiveness of the "gaseous/liquid" material exchange system can be further improved.

Thus, the membrane surfaces lie on the free edges 17 of the ribs 5 not continuously, but instead these contact surfaces are interrupted practically by the notches 23, whereby the desired turbulence effect is achieved.

Finally, as not shown in detail in the drawings, cover plates and base plates are provided, with which the membrane module 20 or 20' formed from the stacked support parts 1 or 1' is closed, wherein in these cover plates and base plates, supply and discharge channels are formed, which are connected on one side to the supply boreholes 6 and on the other side to the discharge boreholes.

In addition, front and rear crossbars or shoulders, on which the corresponding sections of the membranes 9 and 9' are mounted, are arranged in the respective front and rear sections of the membrane modules 20 and 20', respectively, wherein such crossbars or shoulders can also form a component of the support part 1 or 1', or else can be bonded or clamped onto this support part 1.

Such mounting regions corresponding to the mounting sections 10 or 10' for the membranes 9 or 9' practically close the front and rear sections of the membrane pockets 11 or 11'.

As already mentioned above, the support parts 1 and 1' of the membrane modules 20 and 20', respectively, are preferably made from prefabricated, single-piece plastic injection-molded parts, so that for forming the resulting membrane modules, apart from these support parts, only the membrane materials and also the O-rings 13 and optionally also the additional sealing elements 14 are necessary.

The apparatus described above can be used, incidentally, not only for cleaning gases, but also for cleaning liquids.

Claims

1. Apparatus for removing gaseous substances from a gas stream, composed of a membrane module with a plurality of membrane pockets, whose at least one membrane wall is

made from a gas-permeable, liquid-tight material, wherein the membrane pockets are arranged essentially parallel to each other and parallel to the direction of flow of the gas stream, characterized in that

- a) for each membrane pocket (11, 11') an essentially plate-shaped, prefabricated support part (1, 1') is provided, on one side or (bottom) surface (8, 8') of which a respective bordering membrane pocket (11, 11') with liquid supply and discharge openings (7, 15) is arranged and is connected to this side or surface (8, 8') forming a seal at the edge, while at least on the opposite side or (top) surface (16, 16') of the support part (1, 1') a row of parallel flow channels (12, 12') for the gas stream is formed, whose bordering walls are formed by parallel ribs (5, 5') as spacing elements formed on this side or surface (16, 16') of the support part (1, 1') in the region (B);
- b) supply and discharge boreholes (6), which are common for all of the membrane pockets (11, 11'), are formed in the two side regions (A, C) of the support part (1, 1') bordering the region (B) of the ribs (5);
- c) the support parts (1, 1') are stacked one above the other such that at least one membrane (9) of the membrane pockets (11, 11') is supported on the free edges (17, 17') of the ribs (5, 5') on an adjacent support part (1, 1') and in this way covers the open sides of all of the flow channels (12, 12'); and
- d) the supply and discharge boreholes (6) cut out in each support part (1, 1') align one above the other and form corresponding channels, which pass completely through the stack of support parts (1, 1').

2. Apparatus according to Claim 1, characterized in that each membrane pocket (11) is bordered on one side by a membrane (9) and on the other side by a bottom, smooth surface (8) of a support part (1), on which the membrane (9) is mounted at the edges.

3. Apparatus according to Claim 1 or 2, characterized in that respective mounting sections (10, 10') of a membrane (9, 9') are arranged on a bottom surface (8, 8') of the support part (1, 1') in front of the position of a supply opening (7, 7') or behind the position of a discharge opening (7').

4. Apparatus according to Claim 1, characterized in that each membrane pocket (11) is bordered on one side by a first membrane (9) and on the other side by a second membrane (9'), wherein the first and second membranes (9, 9') are each mounted at the edge on a bottom, smooth surface region (8') of a support part (1').

5. Apparatus according to Claim 4, characterized in that respective edge-side mounting sections (10) of the first membrane (9) are arranged in the bottom surface region (8') of the wall (3') of the support part (1') in front of a supply opening (7') and behind a discharge opening (15) of the membrane pocket (11') and in that respective edge-side mounting sections (10') of the second membrane (9') are arranged in the bottom surface region (8') of the wall (3') of the

support part (1') behind the supply opening (7') and in front of the discharge opening (15) of the membrane pocket (11').

6. Apparatus according to Claim 4 or 5, characterized in that a system of parallel double ribs (5', 5'') is provided in the region (B) of the support part (1') with the ribs, wherein the first and second ribs (5', 5'') are formed projecting equally in two opposite directions, i.e., upward and downward, starting from a plate-shaped middle part (18) of the support part (1') in the region (B).

7. Apparatus according to Claim 6, characterized in that the first membrane (9) is supported by the row of upward projecting first ribs (5') and in this way covers a corresponding group of first flow channels (12') and in that the second membrane (9') is supported by a corresponding row of downward projecting second ribs (5'') and in this way covers a corresponding second group of second flow channels (12'').

8. Apparatus according to one of the preceding claims, characterized in that O-rings (13), which are respectively inserted above the supply boreholes (6) or the discharge boreholes into corresponding recesses (4') within reinforced, edge-side wall sections (4) of the support part (1, 1'), are provided in the stack for forming a liquid-tight seal for the successive support parts (1, 1'), wherein, if necessary, additional sealing elements (14) are also provided in these wall sections (4).

9. Apparatus according to one of the preceding claims, characterized in that the membrane module (20, 20') formed from the stacked support parts (1, 1') is closed by means of a cover plate and a base plate, in which supply and discharge channels are formed, which are connected on one side to the supply boreholes (6) and on the other side to the discharge boreholes.

10. Apparatus according to one of Claims 1-9, characterized in that the membrane (9) has a first hydrophobic layer, which is a microporous, oriented PTFE film, and a second hydrophilic layer, which is connected to the first layer and which has a water-vapor permeability of greater than 1000 g per m² and day.

11. Apparatus according to Claim 10, characterized in that the hydrophobic layer and the hydrophilic layer each have a thickness of 5-1500 µm, preferably 20-100 µm.

12. Apparatus according to Claim 10 or 11, characterized in that the hydrophilic layer is a coating made from polyurethane.

13. Apparatus according to Claim 12, characterized in that the coating is deposited in an amount of 5-15 g per m².

14. Apparatus according to Claim 10 or 11, characterized in that the hydrophilic layer is polyether-polyurethane.

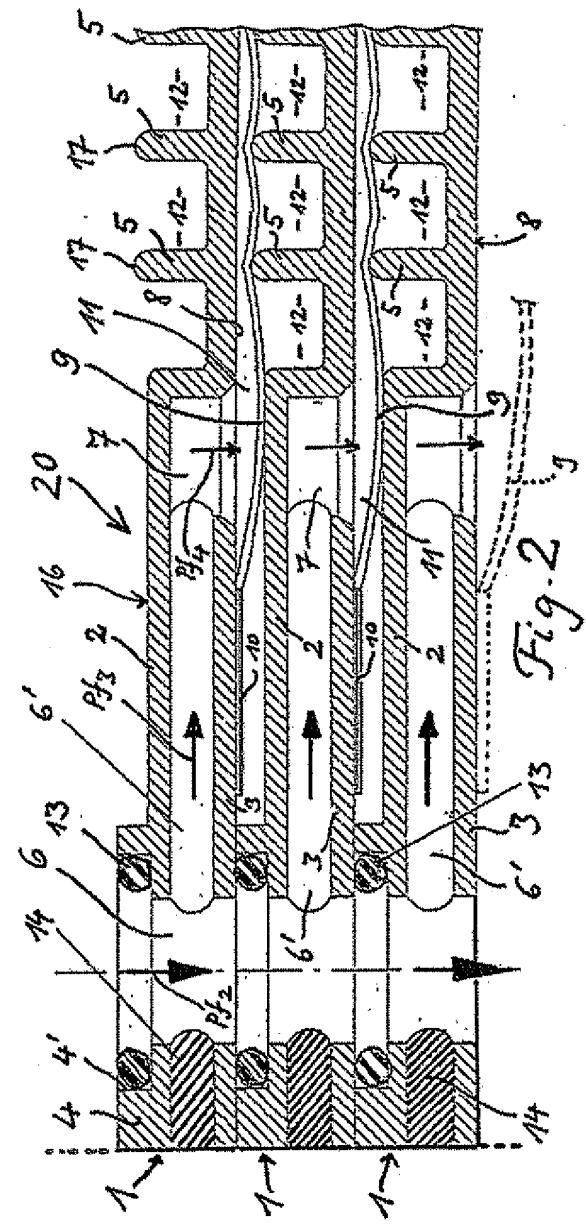
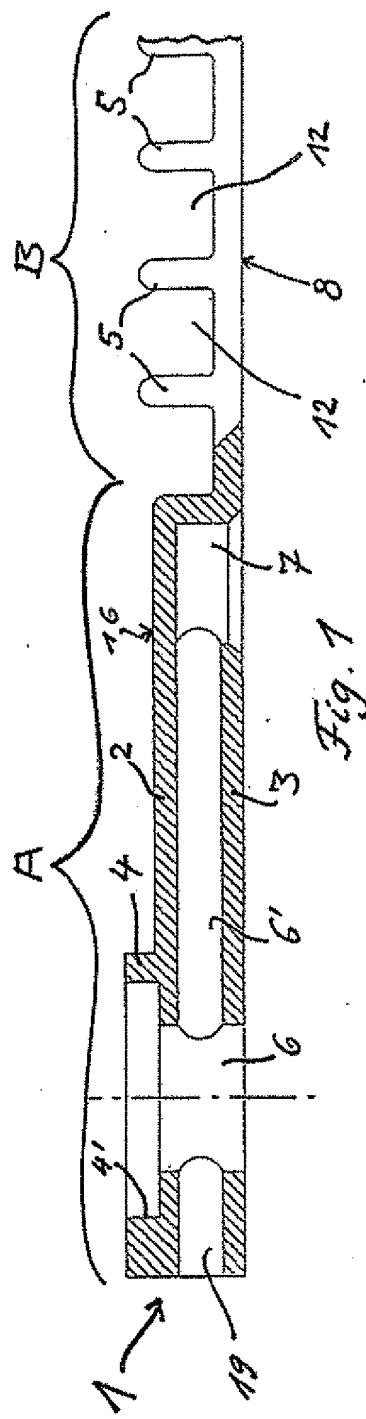
15. Apparatus according to Claim 10 or 11, characterized in that the hydrophilic layer is a membrane made from perfluorosulfonic acid.

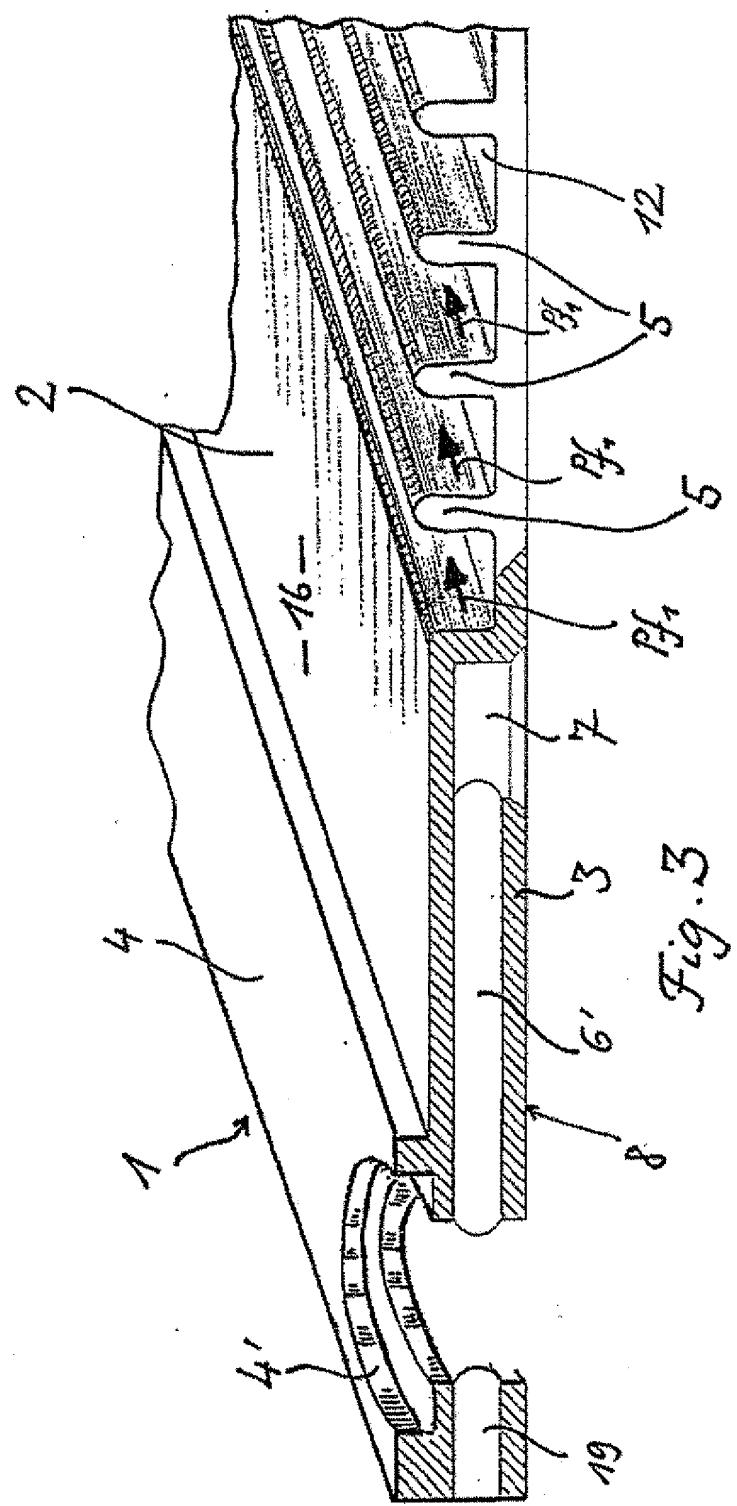
16. Apparatus according to one of Claims 10-15, characterized in that the hydrophobic layer and the hydrophilic layer form a laminate.

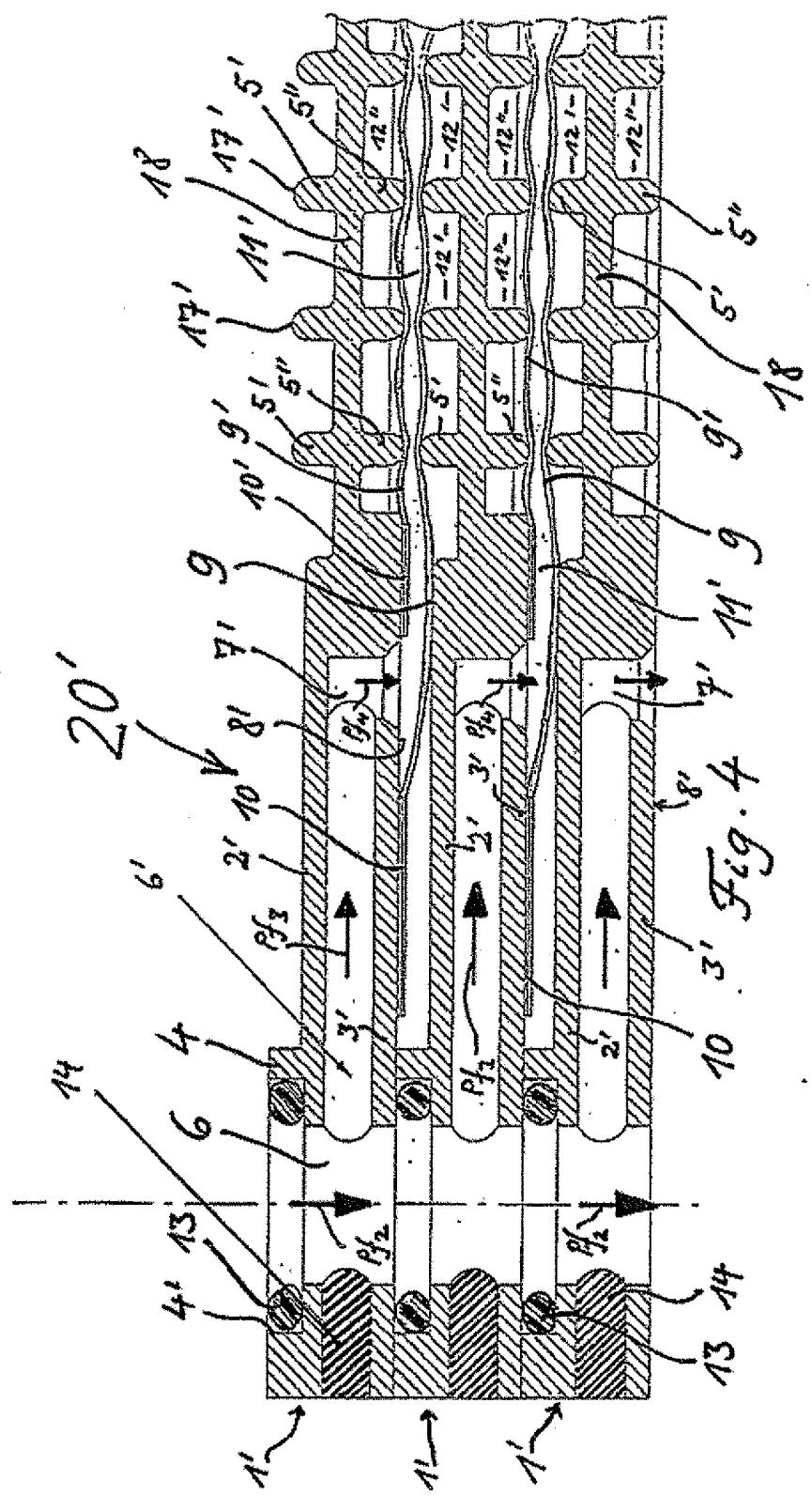
17. Apparatus according to one of Claims 10-16, characterized in that the membrane is connected to an air-permeable support material, which is preferably made from non-woven, perforated film, or textile material.

18. Apparatus according to Claim 17, characterized in that the support material is enclosed between two membranes.

19. Apparatus according to Claim 18, characterized in that the hydrophilic layer of the membrane lies on the outside.







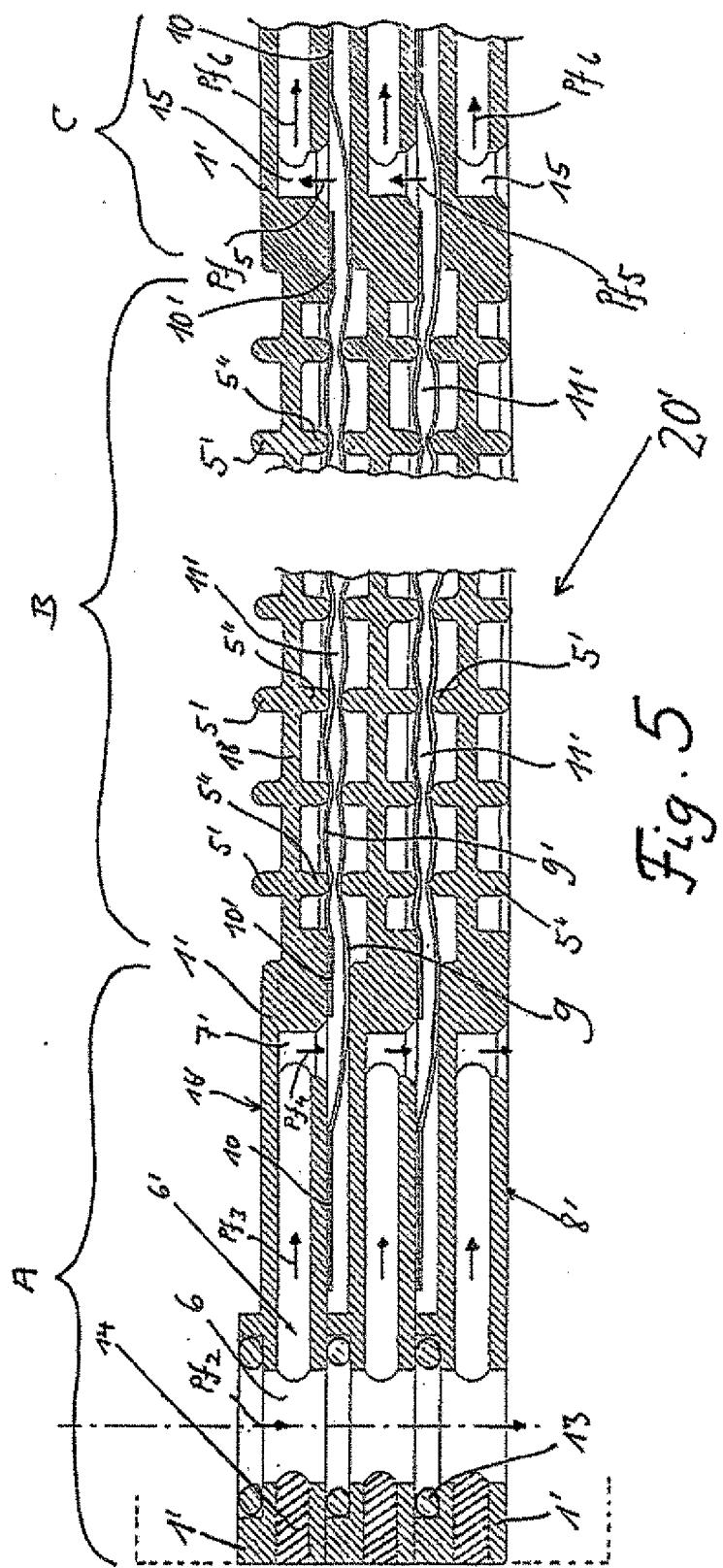
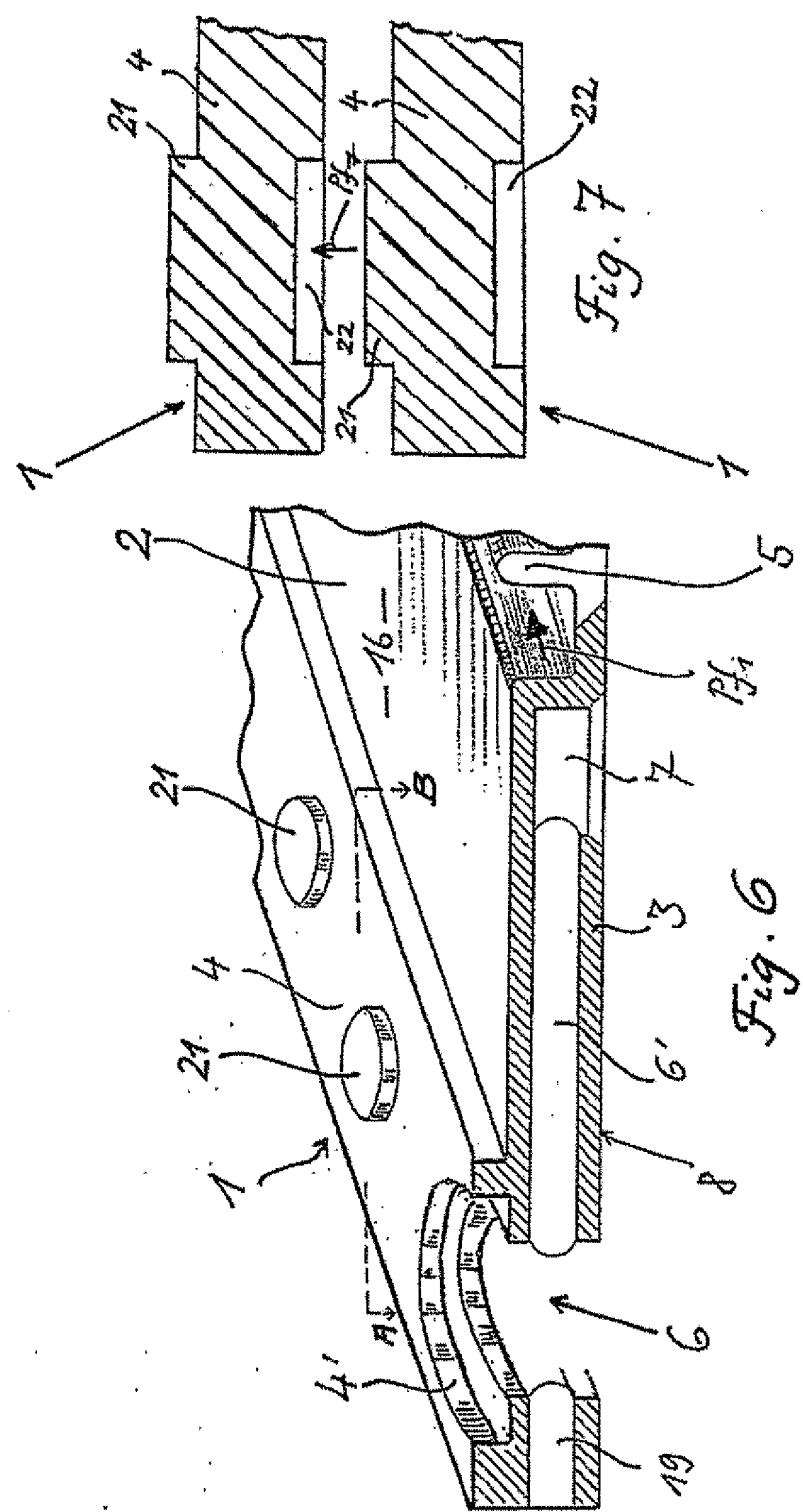


Fig. 5



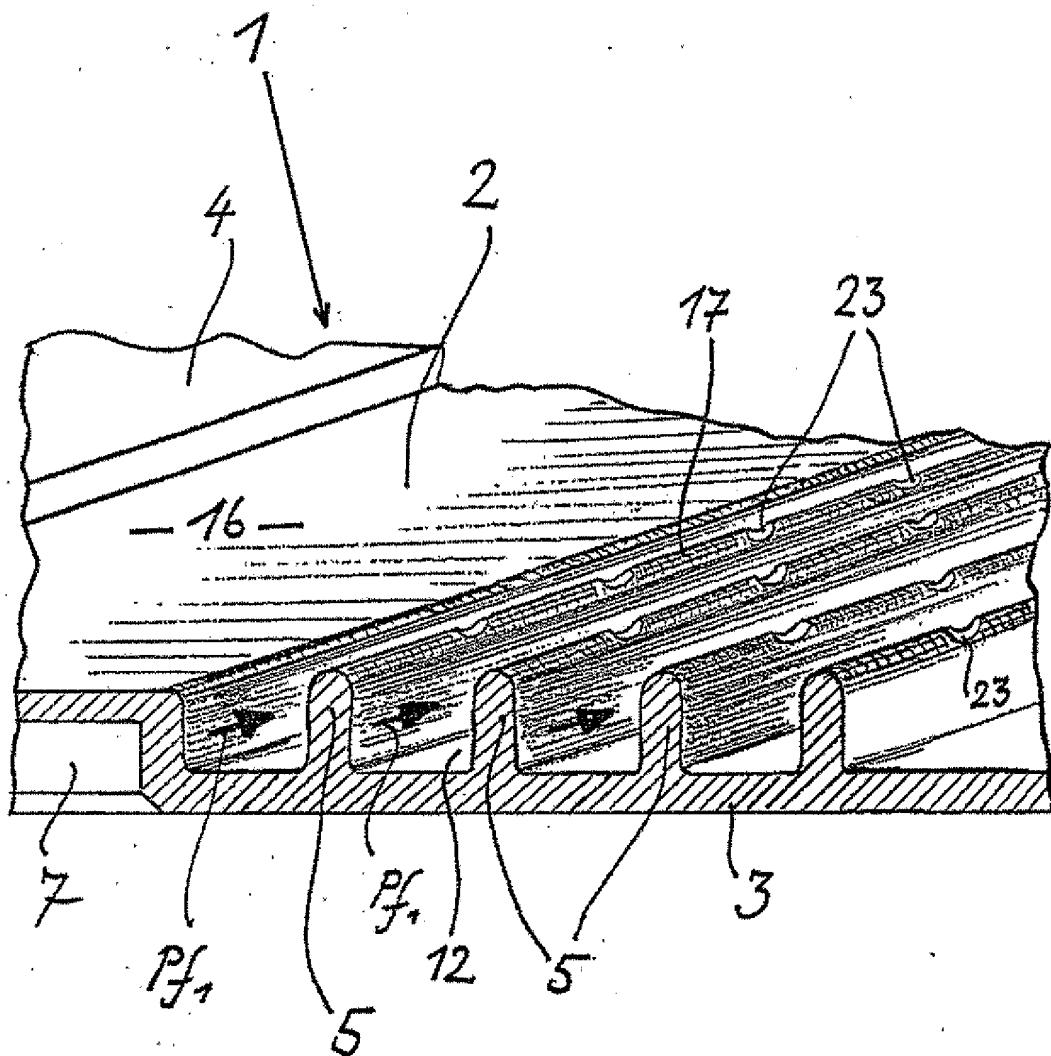


Fig. 8